

# **ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES**



Bogotá – Colombia / PBX: (571) 3 257500 / Calle 74 no. 14 – 14  
e- mail: [info@usa.edu.co](mailto:info@usa.edu.co)

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES PARA  
HOMOGENEIZACIÓN Y TRITURACIÓN DE CARBÓN EN LA UNIDAD  
CASTILLA COQUECOL SA CI.

NOMBRE DE LOS AUTORES DE LA INVESTIGACIÓN

LUNA VELANDIA JOHN EDICSON

PONGUTÁ SOTO JAIME ORLANDO

ESCUELA DE POSTGRADOS

ESPECIALIZACIÓN

BOGOTÁ D.C.

2016

AUTORES DE LA INVESTIGACIÓN:

LUNA VELANDIA JOHN EDICSON  
PONGUTA SOTO JAIME ORLANDO

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**JURADO**

**DIRECTOR DE LAS ESPECIALIZACIONES**

**COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADO.**

Bogotá, D.C., 12, Marzo, 2016

## Tabla de contenido

Tablas.....	7
Título del proyecto .....	8
Introducción .....	9
1 Justificación y delimitación de la investigación.....	12
2 Delimitación .....	16
3 Impacto.....	17
4 Objetivo de la investigación .....	18
4.1 Objetivo general.....	18
4.2 Objetivos específicos .....	18
5 Alcance.....	19
6 Hipótesis inicial .....	20
7 Variables.....	21
8 Posibles productos a obtener.....	25
9 Marco conceptual .....	26
10 Marco teórico.....	28
11 Marco histórico .....	30
11.1 Antecedentes De Carbón En Colombia.....	31
12 Marco geográfico .....	33
12.1 Clasificación Americana De Carbón.....	33
12.2 Reservas de carbón mundial .....	34
12.3 Carbón en Colombia .....	35
12.4 Reserva de carbón en Boyacá.....	36
12.5 Ubicación Planta (Guachetá Cundinamarca) .....	37
13 Marco socio-económico .....	39
13.1 Crecimiento exportaciones de carbón .....	39
13.2 Crecimiento económico carbón 2014.....	41
13.3 Crecimiento De Carbón Metalúrgico .....	41
13.4 Producción Mundial De Carbón Coquizable O Metalúrgico.....	42
13.5 Exportaciones carbón metalúrgico mundial.....	43
13.6 Exportaciones de carbón metalúrgico Colombia. ....	43
14 Marco situacional.....	45
14 .1 Dimensión poblacional.....	45
14.2 Empleo del sector carbonífero de Cundinamarca .....	46
14.3 Vías De Comunicación .....	47
14.4 Actividad minera en el municipio de Guachetá.....	48
14.5 Troncal del Carbón .....	48
15 Marco tecnológico.....	50
15.1 Molinos trituradores de carbón.....	50
15.2 Homogeneizadores de carbón .....	51
Capítulo 1 .....	54
16. Desarrollo de objetivos .....	54
16.1 comparativo logístico benchmarck vs logística coquecol SA CI .....	56
Capítulo 2. ....	60
17.1 Etapas de proceso Coquecol SA CI.....	60

17.2 Oferta de productos actual y mercado actual .....	61
17.3 Conformación De Mezcla Actual .....	62
17.4 Descripción de procesos.....	64
17.5 VSM actual .....	65
17.6 Balanceo de etapas de Proceso .....	66
17.7 Diseño de planta actual .....	67
17.8 Análisis capacidad de producción .....	68
17.9 Diagrama de flujo de datos y materiales .....	69
17.10 Modelo actual de mejora continua .....	72
Capítulo 3. ....	73
18 Diseño de los requerimientos de producción y operaciones.....	73
18.1 Diseño 1 .....	73
18.2 Diseño 2 .....	74
18.3 VSM Mejorado .....	75
18.4 Tack time mejorado .....	76
18.5 Diseño flujo de proceso mejorado.....	78
18.6 Matriz BCG y curva del producto .....	80
18.7 Diseño de planta propuesto .....	81
18.8 Casa de la calidad QFD.....	82
18.9 Ficha Técnica Tipos De Carbón Actual.....	83
18.10 Ficha técnica mezcla a obtener.....	84
18.11 Equipos o tecnologías de manejo de materiales .....	85
Capítulo 4. ....	87
19 Diseño del sistema estratégico de producción y operaciones .....	87
19.1 Análisis estratégico PEST .....	89
19.2 Análisis de Segmentos Estratégicos- Propuestas De Valor .....	91
19.3 Objetivos específicos del sistema de producción y operaciones .....	93
19.4 Decisiones .....	94
19.5 Procesos de Innovación y vigilancia tecnológica.....	95
19.6 Sistema lógico de Producción y Operaciones .....	95
19.7 Integración de la cadena Logística.....	97
19.8 Modelo De Control De Inventarios .....	99
19.9 Diseño del Sistema Físico de Producción y Operaciones .....	100
19.10 Diseño De Planta Actual .....	101
19.11 Diseño de Planta propuesto recorrido .....	102
19.12 Tack Time Mejorado .....	102
19.13 Análisis de capacidades actual y propuesto.....	103
Capítulo 5. ....	105
20 Control de procesos de Producción .....	105
20.1 Indicadores .....	107
20.2 Plan de acción de control y verificación .....	108
Capítulo 6. ....	109
21. Conclusiones .....	109
22. Recomendaciones .....	111
Bibliografía.....	113

## Tabla de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Estrategia de negocio Gerdau. Fuente: Página Corporativa Gerdau- Estrategia del Negocio -----</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 2. Unidades de negocio Gerdau. Fuente: globalintranet.gerdau.net-----</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 3. Conformación de mezclas Coquecol SA Cl. Fuente: presentación reclasificación de Carbón S&amp;OP Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 4. Análisis Causa Efecto Dispersión de calidad Coquecol SA Cl. Fuente: Reclasificación de Carbón S&amp;OP Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 5. Gráfico dispersión despachos 2014 Castilla. Análisis Orlando Ponguta y John Luna -----</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 6. Fotografías rejillas tolvas Ouro Branco Brasil y Cap Acero Chile -----</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 7. Análisis dispersión por etapas. Fuente: presentación reclasificación de Carbón-S&amp;OP Coquecol SA Cl -----</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 8. Ramp up Proyecto C60 Coquecol SA Cl. Fuente: Presentación divulgación C60-----</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 9. Creación del Carbón. Fuente: Tratamiento del Carbón-----</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 10. Utilización del Carbón en la revolución Industrial. Fuente: Fuentes de energía -----</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 11. Tipos de Carbón. Fuente: Documento página web -----</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 12. Reservas de Carbón en el mundo. Fuente: El mercado mundial del Carbón Catamutum.com -----</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 13. Ubicación Patios Coquecol SA Cl Cundinamarca. Fuente: Informe logística Interna Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 14. Ubicación Patios Coquecol SA Cl Cundinamarca. Fuente: Informe logística Interna Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 15. Explotación de Carbón en Colombia. Fuente: fedesarrollo-Ingeominas ---</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 16. Precio Carbón Metalúrgico Peak Downs. Fuente: Revista Plantts -----</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 17. Estadística países exportadores de Carbón Metalúrgico. Fuente: DANE Cálculos UPE. -----</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 18. Gráfica países importadores de Carbón Metalúrgico. Fuente: SIMCO-DANE. -----</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 19. Ubicación municipio de Guachetá. Fuente: Cundinamarca.gov.co -----</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 20. Actividad minera por municipio Cundinamarca. Fuente: UPME Fedicun --</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 21. Molino de martillos Planta Siderúrgica CAP Acero Chile. Fuente: Visita Orlando Pongutá-----</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 22. Molino de martillos Planta siderúrgica Ouro Branco Brasil Gerdau. Fuente: Fotografía. -----</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 23. Homogeneizador planta siderúrgica CAP Acero Chile. Fuente: Orlando Pongutá -----</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 24. Homogeneizador Chino. Fuente página web manufacturer. -----</i>	<i>52</i>

<i>Ilustración 25. Modelo sistema de homogeneización de carbón en puerto. Fuente: Estudio técnico ingeniería Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 26. Mina Moatize Mozambique. Fuente: página web Fieras de la ingeniería--</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 27. Mina Rapsadskaya Rusia Fuente: página web Fieras de la ingeniería ----</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 28. Mina Peak Downs Australia Fuente: página web Fieras de la ingeniería--</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 29. Vías de transporte Peak downs a Puerto Australia. Fuente: página web logística Australia-----</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 30. Vías de transporte MQQ al Caribe Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 31. Vías de transporte MQQ al Pacífico Coquecol SA Cl.-----</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 32. Dispersión de calidad Carbón Peak Downs. Fuente: BHP Billinton artículo. -----</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 33. Gráfico de dispersión de calidad por embarque Coquecol SA Cl 2014-2015. -----</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 34. Etapas de proceso Coquecol SA Cl. Fuente: Archivos gestión de rutina Tecnología de gestión Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 35. Esquema 4P Situación Actual. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna.-----</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 36. Conformación de mezcla MQQ Actual Coquecol SA Cl. Fuente: Presentación S&amp;OP Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 37. Diagrama de flujo actual Planta Castilla Coquecol SA Cl. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna-----</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 38. VSM Actual Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna-----</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 39. Tack Time Actual por Proceso. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 40. Diagrama de Planta Castilla Coquecol SA Cl. Fuente: Presentación de planta ppt. -----</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 41. Capacidad Actual por proceso de planta Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna. -----</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 42. Diagrama flujo de datos y materiales general-----</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 43. Diagrama flujo de materiales proveedor -cliente-----</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 44. Diagrama de flujo y materiales proveedores y sistema productivo-----</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 45. Flujo de datos y materiales Cliente y Proveedor-----</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 46. Diseño 1 propuesta mezcla única Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 47. Diseño 2 Mezcla única Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 48. VSM Mejorada. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna-----</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 49. Análisis Tack Time. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna-----</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 50. Etapas de proceso mejorado. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 51. Flujo de Proceso Planta Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 53. Matriz BCG y curva del producto. Fuente: Página web Mátriz BCG, Imagen -----</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 52. Diseño de planta propuesto. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 54. Casa de la calidad. Fuente: Herramienta office Casa de la calidad, página web-----</i>	<i>83</i>

<i>Ilustración 55. Ficha caracterización de carbón. Fuente: Archivos reclasificación de carbones S&amp;OP Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 56. Ficha técnica propuesta producto a obtener. Fuente: Archivos S&amp;OP Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 57. Cargador capacidad 7 m3. Fuente: Hiunday Movitrast cotización para Coquecol SA Cl -----</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 58. Alimentador de carbón. Fuente: Fotografía Ouro Branco Brasil -----</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 59. Diseño Molino de rodillos de Carbón. Fuente: Hojas de vida equipos Coquecol SA Cl. -----</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 60. Pilares de Segmentos Estratégicos. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 61. Propuesta de valor etapa de proceso. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna. -----</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 62. Metodologías de gestión. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 63. Integración de procesos Coquecol SA Cl. Fuente: Presentación S&amp;OP. --</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 64. Ubicación reservas carbón metalúrgico. Fuente: Presentación carbones externos-----</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 65. Ubicación reservas carbón metalúrgico. Fuente: Presentación carbones externos-----</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 66. Diseño y recorrido actual. Fuente: Presentación de planta -----</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 67. Diseño de planta Castilla Propuesto. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna -----</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 68. Capacidad por etapa de proceso actual y propuesto-----</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 69. Cadena de valor por etapa de proceso -----</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 70. Procedimiento Calibración de alimentadores para homogeneización. Fuente: Tecnología de gestión procedimientos. -----</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 71. Plan de acción actividades de control y verificación del sistema de producción y operaciones de homogeneización y trituración de Carbón.-----</i>	<i>108</i>



## Tablas

<i>Tabla 1. Matriz Priorización de Variables. Fuente: DMAIC realizado.</i>	22
<i>Tabla 2 . Características tipo de Carbón en América. Fuente: UPME página Web</i>	34
<i>Tabla 3. Reservas de Carbón en Colombia. Fuente: SIMCO</i>	36
<i>Tabla 4. Número de personas de acuerdo rangos de edad. Fuente: página web Guacheta.gov</i>	46
<i>Tabla 5. Nivel de educación por municipio. Fuente: Censo Minero.</i>	47
<i>Tabla 6. Resumen dispersión de calidad embarques entregados a Ouro Branco</i>	58
<i>Tabla 7. Cuadro proyecciones despacho de Carbón Planta Castilla</i>	64
<i>Tabla 8. Cuadro herramientas de mejora Coquecol SA Cl. Fuente: Tecnología de gestión Coquecol SA Cl.</i>	72
<i>Tabla 9. Segmentos y Objetivos estratégicos. Fuente: Creado Orlando Pongutá y John Luna.</i>	93
<i>Tabla 10. Objetivos, indicador y estrategias</i>	93
<i>Tabla 11. Decisiones estratégicas y tácticas. Fuente: Creación Orlando Pongutá John Luna</i>	94
<i>Tabla 12. Tack Time proceso actual vs propuesto. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna</i>	103

### **Título del proyecto**

Diseño de un sistema de Producción y operaciones para la homogenización y trituración de carbón metalúrgico en la unidad de Castilla de COQUECOL SA CI del municipio de Guachetá Cundinamarca.

## Introducción

### Gerdau en Colombia (Coquecol SA CI).

Gerdau es líder en la producción de aceros largos en el Continente Americano con 114 años de historia, una de las principales proveedoras de aceros largos especiales del mundo. Es la más grande recicladora de Latinoamérica, y transforma anualmente millones de toneladas de chatarra en acero. Con cerca de 140 mil accionistas, Gerdau está listada en las bolsas de valores de São Paulo, Nueva York y Madrid.

**Misión:** Generar valor a nuestros clientes, accionistas, colaboradores y a la sociedad, actuando en la industria del acero en forma sostenible.

**Visión:** Ser global y referente en los negocios en que actúa.

### Valores Corporativos

Tener la preferencia del **Cliente**

**Seguridad** de las personas por encima de todo

**Personas** respetadas, comprometidas y realizadas

**Excelencia** con **Simplicidad**

Enfoque en **Resultados** (Gerdau Corporativo, 2013)

### Estrategia de Negocio Gerdau



Ilustración 1. Estrategia de negocio Gerdau. Fuente: *Página Corporativa Gerdau- Estrategia del Negocio*

Gerdau cuenta con una estructura de unidades de negocio definidos así:

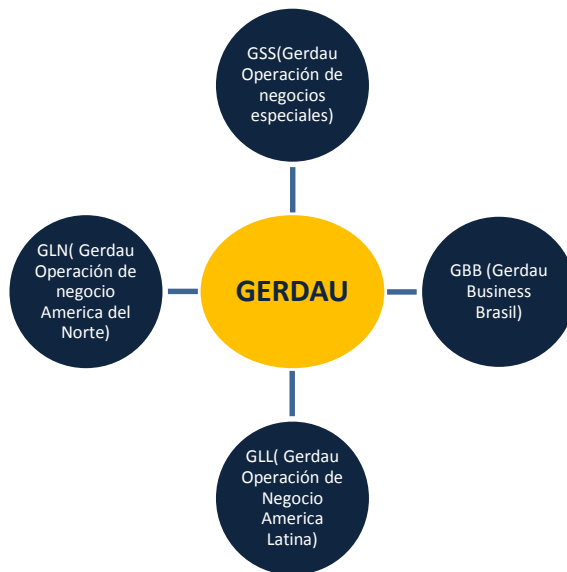


Ilustración 2. Unidades de negocio Gerdau. Fuente: [globalintranet.gerdau.net](http://globalintranet.gerdau.net)

### **GBB (Gerdau Business Brasil) Está conformado por:**

GMA: (Gerdau Minerales América): GCC (Gerdau Coal Colombia COQUECOL SA CI) entrega de carbón colombiano Y GIB (Gerdau Iron Brasil) Corresponde a las unidades de Negocio de explotación y entrega de hierro en planta Ouro Branco para fabricación de Acero por alto horno.

GAB: (Gerdau Aceros Brasil): Corresponde a planta de Almacenamiento de materias primas coquización, alto horno y fabricación de acero.

COQUECOL S.A C.I fue fundada como Colcarbón SA en el año 1991 con sede en la ciudad de Duitama Boyacá, en el año 1997 cambia su razón social constituyéndose como comercializadora internacional de Carbones y coques, además realiza expansión nacional en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Norte de Santander con sede principal en la ciudad de Bogotá.

A partir del año 2008 el Grupo Multinacional Gerdau ingresa a la sociedad como nuevo accionista del 100% cambiando totalmente la razón social y convirtiéndose en Coquecol SA CI.

Coquecol SA CI (Comercializadora Colombiana de Carbón y coque) es una unidad de negocio de Gerdau en Colombia para abastecimiento de carbón como materia prima para sus procesos siderúrgicos, esta actividad la realiza comercializando y explotando carbón metalúrgico y reactivo en las zonas donde actúa, se realizan los procesos de almacenamiento de carbón, lavado, homogenización, preparación y posterior despacho a los puertos de Barranquilla, Santa Marta y Buenaventura, el 80 % del carbón es suministrado a la planta Ouro Branco de Gerdau en Brasil para

la producción de coque metalúrgico, insumo para producción de acero, actualmente se provee el 30% del consumo de carbón de la Coquería equivalente a 1, 2 millones de toneladas año, adicionalmente se envía 250 mil toneladas año de carbón con similares características para plantas productoras de acero en Chile equivalente al otro 20% de exportaciones. (Coquecol SA CI-GCC Gerdau Coal Colombia, 2008)

En la zona Norte de Santander se produce actualmente coque reactivo el cual es despachado para Gerdau Brasil con el fin de realizar producciones de aceros especiales.

Coquecol SA CI cuenta con 2 plantas productoras de coque metalúrgico y una planta para producción de coque reactivo con una capacidad total de coque bruto correspondiente a 570 mil toneladas año, adicionalmente cuenta con minería propia con una capacidad de producción de 95.000 toneladas de carbón explotado, el carbón restante es comprado estratégicamente en los sectores garantizando siempre el repunte en el Marquet share de compras de carbón metalúrgico y despachos del mismo en Colombia.

Coquecol SA CI cuenta con una transportadora propia la cual transporta hasta los puertos el 60% de la carga vía terrestre, se tienen más transportadoras fidelizadas y contratadas estratégicamente con cargas de retorno desde los puertos mediante convenios con empresas importadoras de granos, usualmente se transporta hacia el caribe colombiano una proporción de carbón mediante barcas.

Dentro de los procesos operativos de cada unidad para el despacho de carbones homogenizados para consumo en plantas siderúrgicas del grupo Gerdau en Brasil se cuenta con 3 áreas encargadas de completar el proceso, se cuenta con el área de bascula en la cual se realiza el pesaje del carbón entrante y saliente de la unidad, se cuenta con extensiones de patio debidamente adecuados para el almacenamiento según estándares operacionales y finalmente patios para la recepción de los tracto camiones en el cual los colaboradores realizan actividades de alistamiento y en-carpado de los vehículos garantizando la seguridad integral de las personas y la carga despachada hacia puerto.

Coquecol SA CI Cuenta con áreas de apoyo las cuales apoyan las operaciones en el país desde la parte administrativa, jurídica, planeación estratégica, comercial, contabilidad, gestión de personas, suministros, ingeniería, costos, seguridad industrial, medio ambiente y tecnología de gestión entre otras, Coquecol SA CI está alineada con los estándares internacionales que maneja el grupo Gerdau desde el punto de vista de las 5 dimensiones de la calidad garantizando integridad a los stakeholders manteniéndose siempre como referente en el sector minero de nuestro País. (Coquecol SA CI-GCC Gerdau Coal Colombia, 2008)

## 1 Justificación y delimitación de la investigación

Los parámetros de calidad que debe atender el coque metalúrgico utilizado en los Altos Hornos de alta productividad son principalmente la Resistencia Mecánica en caliente, la Resistencia Mecánica en frío, la reactividad con CO<sub>2</sub>, el porcentaje de ceniza, el porcentaje de azufre y la granulometría; además de esto, se debe mantener una dispersión baja de estos parámetros con el fin de garantizar un ritmo operacional estable, incrementando la productividad, disminuyendo los costos y controlando la seguridad operacional en el Alto Horno.

La calidad del coque y su dispersión están directamente relacionadas con la calidad y la dispersión de la **mezcla de carbones** a partir del cual se produce. Un carbón de alta competitividad técnica es un carbón que además de tener las características fisicoquímicas adecuadas para producir un coque de buena calidad, tiene una **baja dispersión** de sus parámetros. Los carbones más competitivos a nivel mundial son carbones producidos en minas de alta productividad, normalmente en operaciones a cielo abierto, con explotación de muy pocos mantos de grandes espesores y utilizando procesos robustos de beneficio, lo cual se ve reflejado en una dispersión de calidad controlada.

Los carbones metalúrgicos colombianos se caracterizan por sus excelentes características fisicoquímicas que se reflejan en sus buenas propiedades coquizantes, sin embargo, a diferencia de los carbones térmicos de la zona Norte del país, son producidos en operaciones mineras con tecnología artesanal, con producciones promedio de 500 t/mes, condiciones geológicas extremas, mantos con espesores desde 30 cm, fallas geológicas, explotaciones simultáneas de 3 a 4 mantos por mina, irregularidad en los buzamientos alcanzando inclinaciones muy pronunciadas y sistemas de control de calidad deficientes, lo cual hace que haya una alta dispersión de calidad asociada a ellos, mucho más si se tiene en cuenta que una carga constituida por carbones metalúrgicos colombianos puede tener la participación de más de 150 minas, con explotación de 2 a 4 mantos cada una, y normalmente provenientes de zonas carboníferas diferentes (Norte de Boyacá y Cundinamarca) que se caracterizan por tener diferencias principalmente desde el punto de vista químico. (Informe Técnico Mejora y Calidad, 2012)

El proceso actual de GCC (Gerdau Coal Colombia) para la constitución de mezclas de carbón para la coquería de Ouro Branco en Brasil se constituye en tres etapas, las cuales muestran la deficiencia para la homogenización y alta dispersión desde el ingreso de los carbones unitarios a cada patio hasta la entrega final al cliente. (Informe Técnico Mejora y Calidad, 2012)

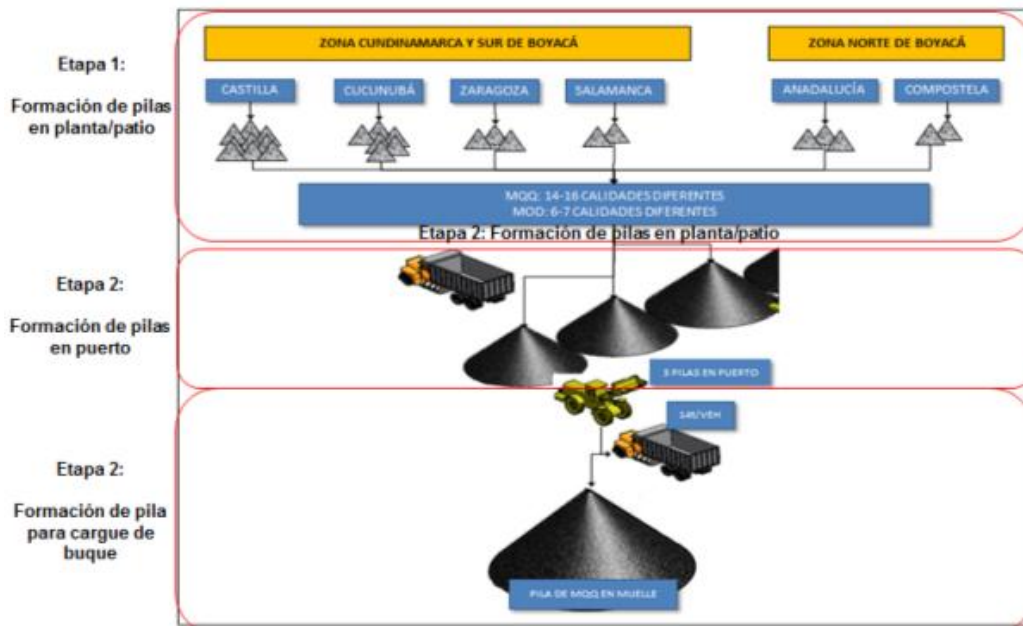


Ilustración 3. Conformación de mezclas Coquecol SA CI. Fuente: presentación reclasificación de Carbón S&OP Coquecol SA CI.

Etapa 1: recepción de los carbones de las minas y acopio en las plantas y patios. En promedio una carga de (MQQ- Mezcla de Carbón) está constituida por 14 a 16 pilas de diferentes zonas carboníferas, y cada pila tiene entre 5 y 30 minas de carbón diferentes.

Etapa 2: despacho de pilas de carbón desde plantas y formación de pilas compuestas en puerto, las cuales están constituidas por la mezcla de varias pilas de diferente calidad despachadas desde plantas. En promedio, por limitaciones de espacio, se forman 3 pilas compuestas en puerto, las cuales son formadas con carbones escogidos bajo criterios de similitud de calidades. Las pilas compuestas se forman controlando la llegada de las mulas, formando ciclos de descargue, que corresponden a la mezcla planeada para dicha pila y colocando los carbones en posiciones cercanas para ser arrastrados por un cargador.

Etapa 3: formación de la pila de mezcla final para cargue a buque. Esta pila se conforma durante el urbaneo para el cargue del buque mediante transporte por camiones desde las diferentes pilas compuestas, controlando las proporciones adecuadas en ciclos de urbaneo, colocando los diferentes tipos de carbón lo más cercano posible, y mezclando mediante arrastre con un cargador.

Cada una de estas etapas tiene deficiencias operacionales que no logran controlar la dispersión de calidad característica de los carbones metalúrgicos colombianos. Las causas identificadas se muestran en el siguiente diagrama causa-efecto. (Informe Técnico Mejora y Calidad, 2012)

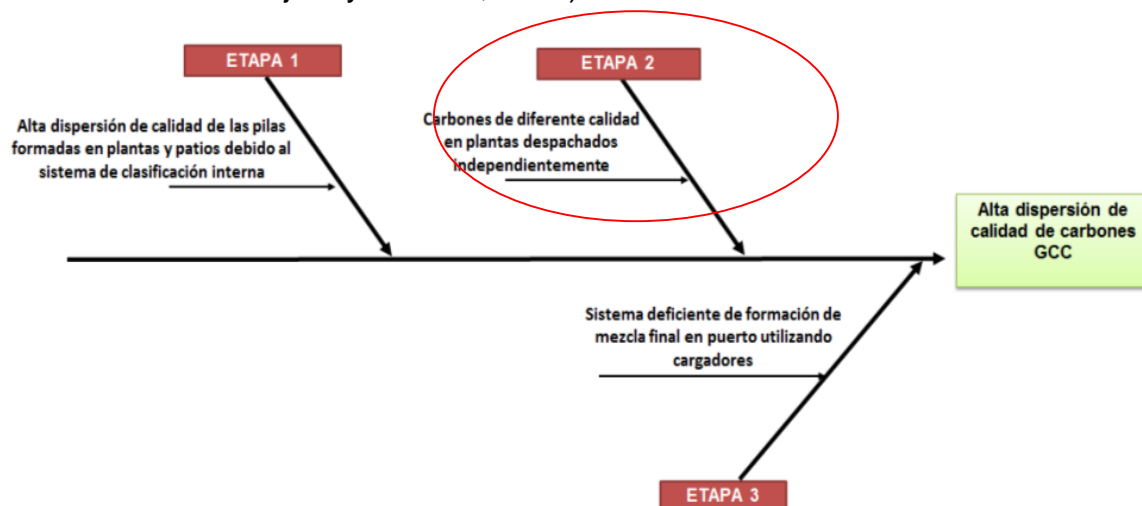


Ilustración 4. Análisis Causa Efecto Dispersión de calidad Coquecol SA CI. Fuente: Reclasificación de Carbón S&OP Coquecol SA CI.

Gráfico de dispersión 2014- Carbones despachados desde Planta Castilla 2014

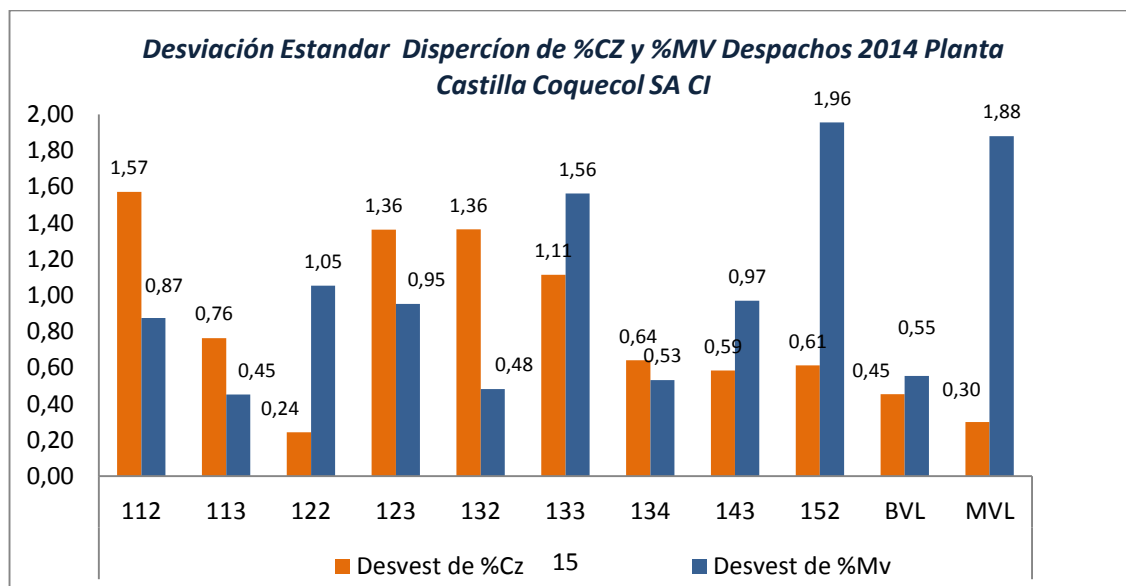


Ilustración 5. Gráfico dispersión despachos 2014 Castilla. Análisis Orlando Ponguta y John Luna

Desviación Estándar consolidada Despachos 2014 Planta Castilla

Desv Est %CZ	Desv Est %MV
1,57	0,87



Granulometría del Carbón: Teniendo en cuenta la explotación y diferentes tipos de carbón, predomina una granulometría superior la cual ingresa a las unidades y posteriormente en los despachos, genera complicaciones en la alimentación de las tolvas de preparación de carbón de nuestros clientes. (Orlando Pongutá- Ajuste de Granulometría en puerto Buenaventura, 2014)



Ilustración 6. Fotografías rejillas tolvas Ouro Branco Brasil y Cap Acero Chile

## 2 Delimitación

El siguiente esquema representa didácticamente las tres fases ideales respecto la dispersión de calidad en cuanto Cenizas y Materia Volátil, el objetivo principal ataca la fase 1 en la cual haremos la reducción de dispersión de calidad para contribuir con las demás etapas, esta comprende desde la caracterización de carbón en los patios 2 y 3 de Castilla Coquecol SA CI y realizar la homogenización desde esta unidad, teniendo en cuenta que desde esta unidad se despacha el 52% de los carbones para complementar la mezcla en puerto que será despachada para Brasil. (Informe Técnico Mejora y Calidad, 2012)

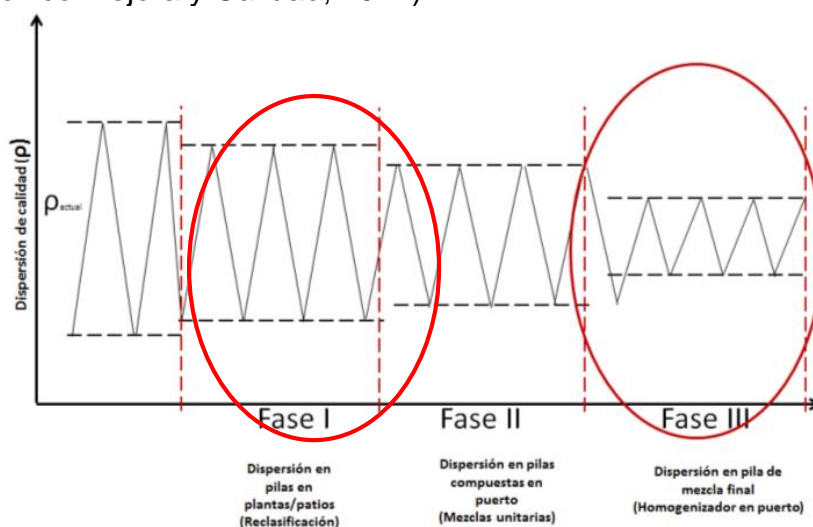


Ilustración 7. Análisis dispersión por etapas. Fuente: presentación reclasificación de Carbón-S&OP Coquecol SA CI

### 3 Impacto

Aumentar la participación del carbón colombiano en la coquería de Ouro Branco pasando del 31,5%(Real 2014) al 60%, a partir del primer semestre de 2018, con rentabilidad y sustentabilidad y buscar nuevas oportunidades de suministro en otros procesos y operaciones de GAB garantizando la calidad del carbón entregado.

A lo largo de los últimos 4 años, se desarrollan carbones Colombianos que permiten alcanzar una participación dentro de la mezcla de Ouro Branco cercana al 30% en el año 2014, generando ahorros aproximados de US\$2,5/t de mezcla (equivalentes US\$6,0 MM /año) y proporcionando mayor independencia de los carbones Australianos, Canadienses y Americanos.

El desempeño técnico - operacional del carbón Colombiano, ha permitido identificar un potencial de utilización de un 60% en la mezcla, lo que significaría un aporte al resultado de US\$ 11 MM/año (equivalente a US\$ 5/t del total de mezcla consumida), con posibilidades de incrementarse significativamente en momentos de repunte de los precios internacionales.

Alcanzar este 60% implica una compra y exportación de 1,4 MM t/año (compra histórica máxima: 0,87 MM t en 2012; despacho a puerto máximo: 1,04 MM de t de 2013), lo que desafía nuestra capacidad comercial, operacional, técnica y logística, siendo necesario estructurar un proyecto entre GMA CS y la Usina Ouro Branco que permita adaptar toda la cadena y así lograr estos volúmenes de manera sostenible impactando directamente a la calidad de nuestro carbón cumpliendo parámetros de calidad y baja dispersión. (Armando Baute-PMO Proyecto Estrategico C60-Estudio Técnico, 2015)

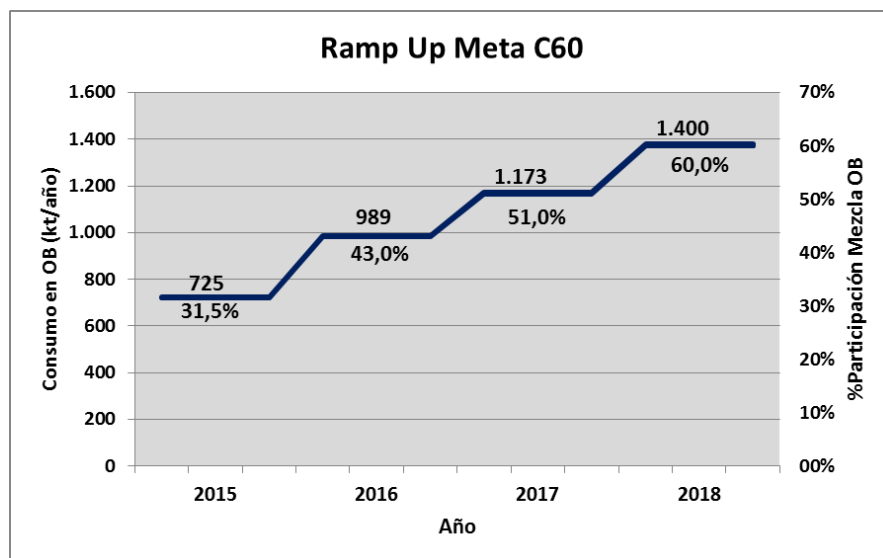


Ilustración 8. Ramp up Proyecto C60 Coquecol SA Cl. Fuente: Presentación divulgación C60

## **4 Objetivo de la investigación**

### **4.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de producción y operación para la homogeneización y trituración de carbón en la planta Castilla COQUECOL SA CI del municipio de Guachetá Cundinamarca con el fin de garantizar el despacho de una mezcla de carbón único a puerto.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Realizar análisis estado del arte Minas de Carbón Benchmarck en el mundo.
- Diagnosticar la forma actual de cómo se realiza el acopio y despacho de los diferentes tipos de carbón desde Planta Castilla y conformación de mezcla en puertos para enviar a Brasil.
- Diseñar un sistema de alimentación de los diferentes tipos de carbón, transporte, trituración, homogenización y cargue de mezcla de carbón en tracto-camiones desde patio 3 de planta Castilla.
- Definir los sistemas estratégico, lógico y físico para eliminar las brechas de producción y operación con el fin de implementar en el diseño Propuesto.
- Plantear un plan de verificación mediante controles de calidad e inspección del comportamiento en la dispersión de calidad de la mezcla homogenizada y triturada.

## **5 Alcance**

El proyecto está enfocado en diseñar un sistema de homogenización y triturado de carbón entre varios tipos de carbón desde dos puntos de alimentación de los patios 2 y 3 de Planta Castilla de Coquecol SA CI en el municipio de Guachetá Cundinamarca, garantizando bajar la dispersión de la mezcla de carbón enviada a puerto, el diseño contempla poder entregar el diseño operacional en planta de la construcción del sistema de bandas transportadoras, molino, homogeneizador, tolvas de almacenamiento y puntos de cargue en patios 2 y 3 de la planta.

## **6 Hipótesis inicial**

Al realizar el Diseño de producción y operaciones para la homogenización y trituración de carbón en la planta Castilla, se garantizará que haya una conformación de mezcla de carbón triturado, utilizando los diferentes tipos de carbón, de esta manera se garantizará al 100% que no se realicen despachos unitarios de carbón por tipo y que a su vez la granulometría máxima de cada grano de carbón no superará 50 mm.

## 7 Variables

### DEPENDIENTES:

- Productividad:  
Consiste en centralizar la operación de despachos a puerto en un solo patio y ejecutando con menos personal, a su vez disminuyendo los tiempos de cargue de los tracto-camiones.
- Homogenización:  
Consiste en realizar la caracterización de calidad en los diferentes tipos de carbón, realizar un proceso de acopio, alimentación y mezclado de carbón para disminuir la dispersión de calidad.
- Granulometría del carbón  
Es la medición con el fin de encontrar el tamaño del grano de carbón, después de haber pasado por un análisis físico donde determina la medida exacta.

### INDEPENDIENTES:

- Tangibles: Proporciones de aporte por tipo de Carbón
- Intangibles: Clima
- Estratégicas: TPV (Tiempo de permanencia de vehículos en Planta).
- De Gestión: Control de inventarios.

En la siguiente tabla se muestra un análisis de correlación de acuerdo el peso que se le otorga a las variables dependientes objeto de estudio del diseño a aplicar en la planta Castilla de Coquecol SA CI.

En la matriz priorización de variables se realiza una ponderación de la dispersión de la calidad por cenizas del tipo de carbón y materia volátil equivalente al 50% de peso, como segunda variable se toma la granulometría del carbón en milímetros con un 30% de peso y como una tercer variable se toma el exit rate de los vehículos que son en turnados, alistados y cargados con carbón a puerto con un 20% y en los cuales se obtendrán resultados en la ejecución del diseño.

La matriz relaciona cada una estas variables con cada etapa de proceso que afecta directamente las tres variables priorizadas, con esto determinamos en el proceso que actividades agregan valor y son críticas para el desarrollo de planes de acción en el proceso de la planta, realizando la relación respecto la correlación y el peso se tiene una calificación de acuerdo la criticidad desde 0 no hay correlación, 1 baja correlación, 3 media correlación y 9 alta correlación. Los resultados que se obtienen en rojo con calificación 9 son las que se deben generar planes de acción de control y mejora en el proceso.

A continuación matriz priorización de variables.

Tabla 1. Matriz Priorización de Variables. Fuente: DMAIC realizado.

VARIABLES DE PROCESO

Matriz Priorización de Variables					
		<div>1 – Baja correlación</div> <div>0 – No hay correlación</div>		<div>3 - Media Correlacion</div> <div>9 - Alta Correlacion</div>	
		Parametros de Producto			
Etapas de Proceso	Parametros de Proceso VS Parametros de Producto	y1= % Dispersion (Cenizas y materia Volatil)	y2= % Granulometria de Carbon	y3= Exit Rate de Vehiculos despachados	Total
		50%	30%	20%	
Recepción de Carbón	Ponderación ==>	50%	30%	20%	
	x1= Capacidad de Recepcion	1	1	1	1
	x2= TPV	0	0	0	0
	x3= Clima	0	0	0	0
	x4= Carpe de Piso	3	1	0	1.8
	x5= Calibracion de equipo Ash Probe	3	1	0	1.8
	x6= Cumplimiento programacion pila en formacion	0	0	0	0
	x7= Disponibilidad de Equipo Ash Probe	3	0	0	1.5
	x8= Señalización de las Pilas de Carbon	3	3	0	2.4
	x9= Disponibilidad de personal	1	1	1	1
	x10= Estado de las vias Internas	1	0	0	0.5
	x11= Estado de los Vehiculos	1	1	1	1
	x12= N° de devoluciones	3	1	1	2
	x13= Iluminacion en los Patios	1	0	0	0.5
	x14= Orden Publico	0	0	0	0
	x15= Conformacion de las Pilas	1	1	9	2.6
	x16= Señalización de las vias Internas	0	0	0	0
	x17= Cumplimiento de programacion de muestreo	0	0	0	0
	x18= Cumplimiento normatividad ambiental	0	0	0	0
	x19= Conservacion de las muestras	0	0	0	0
	x20= Tiempo de entrega datos de Laboratorio	1	1	1	1
	x21= Caída de material por golpear compuertas	1	1	3	1.4
	x22= Aceptacion de material fuera de especificacion	3	3	0	2.4
	x23= Horario de Operación	0	0	0	0
x24= Cantidad de carbon Ingresado por Mina	0	0	0	0	
Acopio y formación	x1= Clima	0	0	0	0
	x2= Tiempo de Acopio	1	1	0	0.8
	x3= Carpe de Piso	3	3	0	2.4
	x4= Señalización	0	0	0	0
	x5= Disponibilidad de Maquinaria	1	1	3	1.4
	x6= Tipo de Maquinaria	1	1	9	2.6
	x7= Entrenamiento del Personal	1	1	1	1
	x8= Distribucion del Patio	1	0	0	0.5
	x9= Nivelacion del Patio	1	1	0	0.8
	x10= Manejo Ambiental	1	1	1	1
	x11= Estabilidad del terreno	0	0	0	0
	x12= Altura de Pilas	0	0	0	0
	x13= Capacidad de Almacenamiento	1	1	3	1.4
	x14= Cumplimiento programacion de muestreo pilas	0	0	0	0
	x15= Comunicación Operarios (Patio - Maquinaria)	0	0	0	0
	x16= Manipulacion de las muestras	0	0	0	0
	x17= Tiempo de entrega de datos por Laboratorio	0	0	0	0
	x18= Contaminacion por maquinaria amarilla	3	3	0	2.4
	x19= Iluminacion de Patios	1	1	0	0.8
	x20= Distancia entre pilas	1	1	0	0.8
	x21= Horario de Operación	1	1	0	0.8
	x1= Calibración de alimentadores	9	9	1	7.4
	x2= Disponibilidad Maquinaria Amarilla	3	3	9	4.2



	<b>Cargue y Despacho a Puerto</b>	x3= Material adecuible para cargue	1	1	1	1
		x4= Humedad de producto despachado. (%)	1	1	0	0.8
		x5= Condiciones climáticas.	1	1	0	0.8
		x6= Cumplimiento de programación de cargue en planta/ Patio	3	3	0	2.4
		x7= TPV en el cargue	1	1	1	1
		x8= Estado Vías Internas de Planta	1	1	1	1
		x9= Cumplimiento de la calidad de los materiales.	1	1	0	0.8
		x10= Disponibilidad de tractocamiones	0	0	0	0
		x11= Temperatura del material a despachar	0	3	0	0.9
		x12= Ciclo del transporte.	0	0	0	0
		x13= Calibracion de la bascula propias	0	0	0	0
		x14= Calidad Disponible	3	3	0	2.4
		x15= Calibracion de la bascula de terceros	0	0	0	0
		x16= Apertura de rodillos	1	1	9	2.6
		x17= Disponibilidad molino de rodillos	1	1	9	2.6
		x18= Comparacion del cumplimiento por unidad de cargue vr la programacion general del embarque	3	3	1	2.6
<b>Variables de entrada</b>	<b>Entrada de Proceso</b>	x1=Tractocamiones	1	1	9	2.6
		x2=Carbon por Tipo	9	9	1	7.4
		x3=Energia	1	1	3	1.4
		x4=Equipos e Inversiones	3	3	3	3
		x5=Personas	3	3	3	3
		x6=Seguridad Fisica	1	1	1	1
		x7=Licenciamiento Ambiental	3	3	9	4.2

#### INTERVINIENTES:

A continuación se relacionan las variables intervinientes que son de obligación para la operación normal del proceso desde la explotación, acopio, despacho a puerto y embarque en puerto desde varias dimensiones.

#### Medio Ambiente:

Permiso De Emisiones Atmosféricas (Resolución 1413 Del 12-08-2005),

Se realizan anualmente los estudios Isocinéticos en Chimeneas de acuerdo a lo establecido en el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas y se miden los parámetros establecidos en el Decreto 909 de 2008 (SOX, MP, HT, DIOXINAS Y FURANOS), adicionalmente se debe realizar anualmente los estudios de ruido de acuerdo con lo establecido en la Resolución 627 del 7 de abril de 2006.

Permiso De Concesión De Aguas (Resolución 2275 27/10/08),

Radical ante la Autoridad ambiental el Programa de Ahorro y Uso eficiente del Agua, de acuerdo con lo establecido en la Ley 373 de 1997. Art.7, presentar los reportes mensuales de la lectura del macro-medidor ante la Autoridad Ambiental.

#### Requerimientos Adicionales Por Componente

AIRE: Solicitar certificado de emisión de gases y revisión técnico mecánica vigente en vehículos propios y de despacho a puerto (Art. 52 Ley 769 de 2002) Las empresas contratadas para la realización de los estudios de aire deben estar debidamente certificadas.

AGUA: Permisos de vertimientos para aguas residuales domésticas. Decreto 3930 de 2010, aguas residuales Industriales. Decreto 3930 de 2010 y Plan de Gestión de Riesgo para Manejo de Vertimientos (Decreto 3930 de 2010).

SUELO: Plan de Gestión Integral para los residuos Peligrosos (Decreto 4741 de 2005), contratación con Gestores certificados el servicio de recolección, transporte y disposición final de los RESPEL, Se debe contar con registro ante el IDEAM como generador de RESPEL o registro RUA y se hace la actualización anual de la información. (Antes del 31 de enero de cada año, Se debe Conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de cinco (5) años. (Decreto 4741 de 2005) (Coquecol, 2014)

#### Explotación y comercialización de Carbón

Certificados de origen del carbón por cada mina que provee carbón a la empresa debe contar con este certificado avalado por la agencia nacional minera, en la cual muestra la ficha técnica del carbón, a que títulos mineros corresponde y que permisos ambientales se llevan a cabo en la mina.

Realización de pago de regalías nacionales a cada municipio en el cual se realiza el acopio y despacho del carbón hacia los puertos, de igual manera un impuesto internacional de regalías por la exportación de Carbón.

RUCOM (Registro único comercialización de minerales), es una medida de control, soportada por una herramienta tecnológica, que permite certificar a las personas naturales y jurídicas que comercializan de los minerales en el territorio nacional con el propósito de darle mayor transparencia a la actividad comercializadora de minerales en Colombia. (Coquecol, 2014)

## **8 Posibles productos a obtener**

- Documento con el Diagnóstico respecto la dispersión de calidad de los tipos de carbón despachados desde Planta Castilla Coquecol SA Cl.
- Diseño de un sistema de producción y operación para homogenizar y triturar Carbón en Planta Castilla Coquecol SA Cl.
- Estrategias para eliminar brechas del sistema de producción y operación

## **9 Marco conceptual**

**Carbón metalúrgico:** se utiliza en el área siderúrgica para la producción de coque (combustible sólido obtenido de la destilación de la hulla que se fabrica a partir de carbones coquizables, los cuales tienen ciertas propiedades físicas que permiten su ablandamiento, licuefacción y re solidificación). Este tipo de carbón es utilizado para la fabricación de Acero.

**Dispersión:** Es la diferencia que tienen los tipos de carbones ya que tienen propiedades fisicoquímicas diferentes al ser explotados de diferentes Zonas y minas sobre la cordillera oriental lo cual genera diferencia entre ellos al juntarlos.

**Granulometría:** hace referencia al tamaño del carbón el cual es utilizado en los hornos de las siderúrgicas y requiere un volumen o tamaño estándar para su utilización, la granulometría se obtiene mediante un ensayo físico al pasar el carbón por una serie de mallas determinando su tamaño.

**Homogenización:** Consiste en realizar la caracterización de calidad en los diferentes tipos de carbón, realizar un proceso de acopio, alimentación y mezclado de carbón para disminuir la dispersión de calidad.

**Reservas de Carbón:** Como lo indica su nombre es una reserva de carbón acumulada o almacenada en los ecosistemas o bosques que son capaces de acumular carbón. Estas reservas construyen en millones de años.

**Benchmark:** Es comparar el mejor proceso de un producto o un servicio para utilizar las mejores herramientas y conocer las posibilidades de mejora. Se utiliza como patrón de ejemplo en proyectos para obtener mejora continua como un patrón de excelencia de productos y servicios que están encaminados a la satisfacción de los clientes.

**Logística:** Utilización de métodos que son necesarios para la organización de las actividades de la organización. Las actividades logísticas conforman un sistema de minimización de traslados en tiempo y distancia.

**Metodologías Lean:** Es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo de procesos y servicios encaminado a la satisfacción de los clientes y minimización de los costos utilizados en el proceso productivo.

La creación de estos flujos está basada en la reducción de los desperdicios en los productos manufactureros. (Defectos, Movimientos, Exceso de producción, Inventarios, Transporte, Sobre- producción, Esperas).

Mezclador: Es utilizado para mezclar los carbones ya triturados y homogenizados y generar la mezcla final.

Molino: Triturador o molino se utiliza en las siderúrgicas para bajar los niveles de granulometría del carbón y dejar el grano más pequeño.

Diseño de sistemas de producción: El diseño pretende optimizar los procesos de producción teniendo niveles de calidad altos. La realización del diseño de producción cuenta con análisis específicos de tiempos, movimientos, Calidad del producto, Lay Out, productividad, innovación.

Acopio: Unificación de carbón en pilas teniendo en cuenta las características del material.

Carbón MQQ: Mezcla única de carbón que se utiliza para la fabricación de Acero en planta Ouro Branco Brasil Gerdau.

## 10 Marco teórico

Dado que el carbón Metalúrgico es un recurso natural que tiene grandes cualidades hay que diferenciar que este material es muy diferente al carbón Térmico que es el que tiene las más grandes reservas en el mundo por lo cual iniciaremos la investigación conociendo cuales son las cualidades del carbón sus orígenes y los usos que tiene en la industria en la actualidad. Desde siglo XVII se conocen los usos que puede tener y la importancia que ha tenido en el desarrollo de la industria desde la primera revolución industrial en el cual tenía una gran demanda para la fabricación de cañones, herramientas, y objetos de uso doméstico. Las siderúrgicas desde este tiempo iniciaron a ver la importación que tenía esta piedra y el coque al iniciar fabricaciones de mayor escala como el inicio de ferrocarriles y barcos.

El presente trabajo detallara un análisis de un diseño de producción y Operación tomando como diagnóstico previo la comparación con el benchmark a nivel mundial en la producción de carbón Metalúrgico el cual se identifica en Australia en donde sus reservas son de las más grandes del mundo y la calidad de carbón es la mejor por tener niveles de dispersión bajos y de mejor calidad. Se avalúan las buenas prácticas que tienen en los países industrializados en los cuales se validara cada aspecto social, económico, político, infraestructura, educativo que afecte la industria y el sector minero a nivel Colombia.

Es importante señalar que los recursos naturales son importantes para la economía Colombia ya que representa un gran porcentaje de las exportaciones a varias partes del mundo por lo cual se revisara la importancia de este recurso natural en la economía del país como los impactos ambientales que se pueden obtener y responsabilidad social. Como parte inicial del proyecto debemos conocer el estatus actual que tiene la Organización y cuál es el nivel de producción de la organización versus el Benchmark del sector en donde debemos evaluar el desarrollo tecnológico a nivel de maquinaria, equipos de control y siderúrgicas del país.

En el sector minero se tienen grandes oportunidades de mejora en la utilización de este recurso natural en el cual nuestro foco de estudio estará basado en realizar un diseño de producción y Operación que facilite el proceso de mezcla única MQQ de manera más controlada y tecnológica que optimice el proceso, generando mayor eficiencia en los procesos contando con aumento de producción limpia utilizando las herramientas Lean para conocer los desperdicios que actualmente se tiene.

Desarrollando estas nuevas metodologías de producción es importante establecer de manera sistemática controles en los procesos como las inspecciones de calidad, programas de mantenimiento y estar en constante innovación para la generación de nuevas Mezclas de carbón que puedan ser útiles para la industria en la generación de nuevos productos y bienes. En el medio de investigación se tomara en cuenta las metodologías logísticas utilizadas ya que son de gran importancia en la cadena

de suministros desde la planeación de compras de materia prima, utilización de capacidad, espacio físico dentro de la planta de producción y logística de salida hacia puertos.

Conociendo las metodologías de análisis y las empresas de gran desarrollo en el medio para conocer las brechas del proceso, los esfuerzos estarán basados en diseñar un sistema de producción y operaciones para la homogenización y trituración de Carbón metalúrgico en la planta castilla que requiere unas herramientas de análisis para estar en los niveles más altos de producción y exportación de Carbón en el mundo basado en parámetros de calidad certificados que garanticen el desempeño para los clientes. El objetivo de la investigación estará evaluado los niveles de productividad como los movimientos logístico en términos de rentabilidad y costo de la organización.

## 11 Marco histórico

El carbón tiene una historia larga y variada. Algunos historiadores creen que el carbón comenzó a utilizarse comercialmente en China. Hay indicios de una mina situada en el noroeste de China que suministraba carbón para fundiciones de cobre y para la fabricación de monedas hacia el año 1000 AC. Una de las primeras referencias conocidas al carbón fue realizada por el filósofo y científico griego Aristóteles, que hacía referencia a una roca similar al carbón vegetal.

El carbón es un combustible sólido de origen vegetal. En eras geológicas remotas, y sobre todo en el periodo carbonífero en el cual grandes extensiones del planeta estaban cubiertas por una vegetación abundantísima que crecía en pantanos. Muchas de estas plantas eran tipos de helechos, algunos de ellos tan grandes como árboles. Al morir las plantas, quedaban sumergidas por el agua y se descomponían poco a poco, a medida que se producía esa descomposición, la materia vegetal perdía átomos de oxígeno e hidrógeno, con lo que quedaba un depósito con un elevado porcentaje de carbono. Así se formaron las turberas. Con el paso del tiempo, la arena y lodo del agua fueron acumulándose sobre algunas de estas turberas. La presión de las capas superiores, así como los movimientos de la corteza terrestre y, en ocasiones, el calor volcánico, comprimieron y endurecieron los depósitos hasta formar carbón.

Los diferentes tipos de carbón se clasifican según su contenido de carbono fijo. La turba, la primera etapa en la formación de carbón, tiene un bajo contenido de carbono fijo y un alto índice de humedad. El lignito, el carbón de peor calidad, tiene un contenido de carbono mayor. El carbón bituminoso tiene un contenido aún mayor, por lo que su poder calorífico también es superior. La antracita es el carbón con el mayor contenido en carbono y el máximo poder calorífico. La presión y el calor adicionales pueden transformar el carbón en grafito, que es prácticamente carbono puro. Además de carbono, el carbón contiene hidrocarburos volátiles, azufre y nitrógeno, así como diferentes minerales que quedan como cenizas al quemarlo.



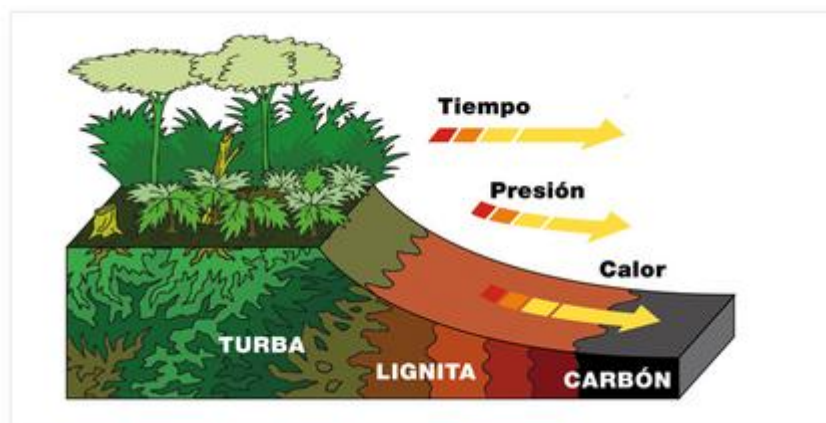


Ilustración 9. Creación del Carbón. Fuente: Tratamiento del Carbón

Todos los tipos de carbón tienen alguna utilidad. La siderurgia emplea carbón metalúrgico o coque, un combustible destilado que es casi carbono puro. El proceso de producción de coque proporciona muchos productos químicos secundarios, como el alquitrán de hulla, que se emplean para fabricar otros productos.

Con el desarrollo de la energía eléctrica en el siglo XIX, el futuro del carbón fue acercándose a la generación de electricidad. La primera central eléctrica de combustión de carbón real, desarrollada por Thomas Edison, entró en funcionamiento en Nueva York en 1882, proporcionando electricidad a las luces domésticas. (El Carbón y sus consecuencias como fuentes de energía, 2013)

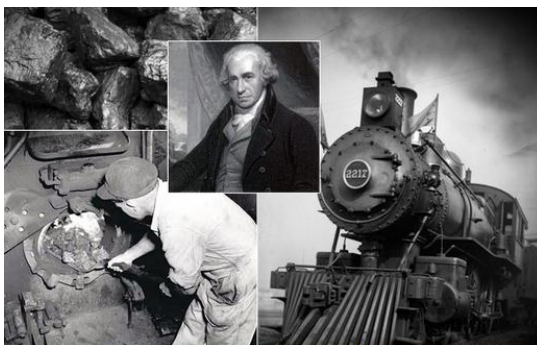


Ilustración 10. Utilización del Carbón en la revolución Industrial. Fuente: Fuentes de energía

### 11.1 Antecedentes De Carbón En Colombia

Colombia es el país con mayores reservas de carbón en América Latina, cuenta con recursos potenciales de 16.992 Millones de toneladas (Mt) de los cuales 7.063 Mt son medidas, 4.571 Mt son indicadas, 4.237 Mt son inferidas y 1.119 Mt son recursos hipotéticos, por otra parte, es el sexto exportador de carbón del mundo, con una participación de 6,3%, equivalente a 50 Mt anuales de carbón.

Con la tasa de explotación actual, las reservas medidas de carbón en Colombia aseguran más de 120 años de producción, suficientes para participar a gran escala en el mercado internacional y abastecer la demanda interna.

Las grandes inversiones de la década de los ochenta en los proyectos de El Cerrejón y El Descanso, departamentos de La Guajira y Cesar respectivamente, incrementaron la producción de carbón térmico de forma significativa hasta alcanzar las 53.6 Mt en el año 2004 cuando se llegó a picos de US\$80 por tonelada.

Por otro lado, los carbones coquizables y las antracitas (de mayor calidad y precios) ubicados en el altiplano cundi-boyacense y en Norte de Santander muestran un desarrollo interesante aunque la producción en 2004 fue sólo de 3.4 Mt. Los precios actuales por tonelada varían entre los US\$100 y US\$132 para los primeros y US\$82 y US\$110 para los segundos.

Por lo anterior, este es el momento para estimular en los diferentes distritos mineros la conformación de cadenas productivas de carbón donde se agregue valor al carbón y los productos derivados y donde se promueva un desarrollo adecuado de la infraestructura de transporte y portuaria que incremente la competitividad e induzca mayor productividad. (Unidad de Planeación Minero Energético-Mercado Nacional e internacional del Carbón Colombiano, 2006)

## 12 Marco geográfico

Existen numerosas variedades de carbón, las cuales se pueden clasificar según características como:

- humedad
- porcentaje en materias minerales no combustibles(cenizas)
- el poder calorífico
- inflamabilidad, en conexión con el porcentaje de elementos volátiles.

El análisis elemental es un ensayo químico que proporciona la fracción másica de cada uno de los cinco elementos que componen principalmente todos los tipos de carbón : carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), hidrógeno (H), azufre (S). (Carbón, 2013).



Ilustración 11. Tipos de Carbón. Fuente: Documento página web

### 12.1 Clasificación Americana De Carbón

Esta tabla se basa en el porcentaje de materiales volátiles para el carbón de máxima calidad y el poder calorífico superior para los otros. (Unidad de Planeación Minero Energético-Mercado Nacional e internacional del Carbón Colombiano, 2006)

Tabla 2 . Características tipo de Carbón en América. Fuente: UPME página Web

<b>Categoría</b>	<b>Sub-categoría</b>	<b>Elementos volátiles</b>	<b>PCS</b>
Antracita	Meta-Antracita	< 2 %	
	Antracita	2 à 8 %	
	Semi-Antracita	8 à 14 %	
Bituminoso	Bajo nivel volátil	14 à 22 %	
	Medio nivel volátil	22 à 31 %	
	Alto nivel volátil A	> 31 %	> 32,6 MJ/kg
	Alto nivel volátil B		30,2 à 32,6 MJ/kg
	Alto nivel volátil C		26,7 à 30,2 MJ/kg
Sub-Bituminoso	Sub-Bituminoso A		24,4 à 26,7 MJ/kg
	Sub-Bituminoso B		22,1 à 24,4 MJ/kg
	Sub-Bituminoso C		19,3 à 22,1 MJ/kg
Lignito	Lignito A		14,6 à 19,3 MJ/kg
	Lignito B		< 14,6 MJ/kg

## 12.2 Reservas de carbón mundial

El carbón está geográficamente distribuido en más de 100 países en todos los continentes. La abundancia de las reservas constituye una disponibilidad de suministro durante mucho tiempo. A los niveles de producción de 1998, las reservas de carbón son suficientes para los próximos 250 años. La cifra anterior considera los recursos carboníferos que pueden probarse durante las exploraciones en curso, aquellos recursos que se vuelvan accesibles a medida que se hagan mejoras en las tecnologías de explotación; o se vuelvan comerciales por el incremento en el uso de carbones de bajo rango, cuya utilización no es actualmente rentable.

Adicionalmente, se continúan haciendo avances significativos para mejorar la utilización eficiente del carbón, de tal manera que pueda obtenerse más energía útil de cada tonelada de carbón.

La siguiente figura muestra la distribución mundial de las reservas de carbón duro. Nótese que aun cuando existen países con grandes

reservas, éstas se encuentran dispersas en toda la geografía. (El Mercado Mundial del Carbón)

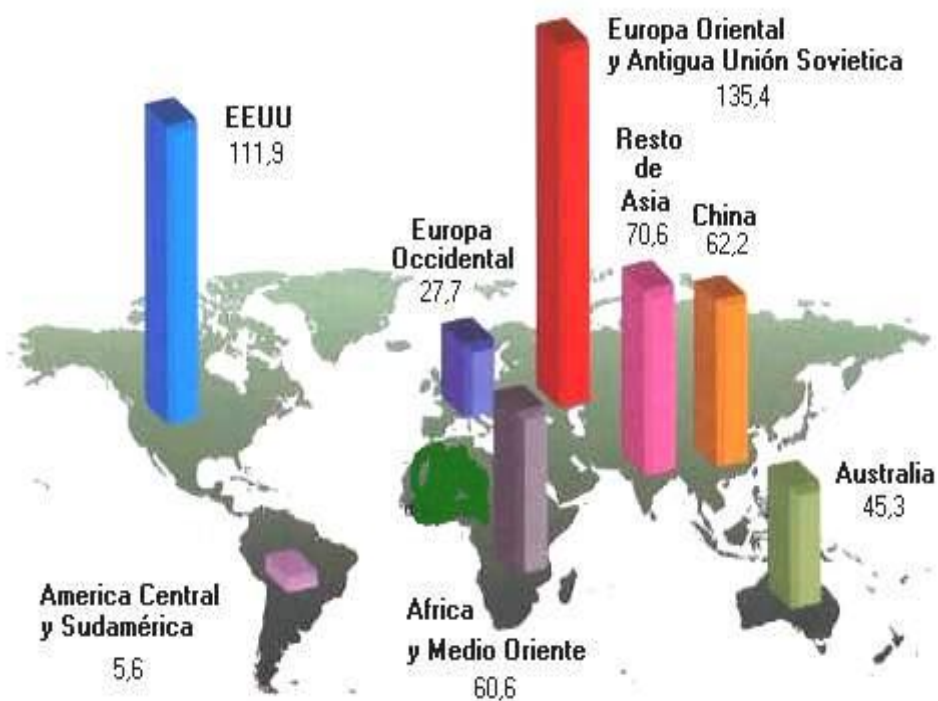


Ilustración 12. Reservas de Carbón en el mundo. Fuente: El mercado mundial del Carbón Catamutum.com

### 12.3 Carbón en Colombia

Los recursos y las reservas geológicas de carbón medidas en el país son aproximadamente de 6648 millones de toneladas (MT), mientras que las reservas

indicadas son del orden de 2322 MT, y se encuentran distribuidas en las tres grandes cordilleras (Oriental, Central y Occidental), localizadas en el interior del país y en la Costa Atlántica, como se indica a continuación:

Tabla 3. Reservas de Carbón en Colombia. Fuente: SIMCO

ZONAS CARBONÍFERAS	RECURSOS Y RESERVAS		TIPO DE CARBÓN
	MEDIDAS	INDICADAS	
Antioquia	90	225	Térmico
Boyacá	170.4	682.7	Térmico y Coquizable
Cauca	16.4	66.8	Térmico
Cesar	1933	589	Térmico
Córdoba	381	257	Térmico
Cundinamarca	241.9	538.7	Térmico y Coquizable
Guajira	90	-	Térmico
N. Santander	68	101	Térmico y Coquizable
Santander	57.1	114	Térmico y Coquizable
Valle del Cauca	20.1	22.4	Térmico
TOTAL PAIS	6647.9	2596.6	

#### 12.4 Reserva de carbón en Boyacá

Subcuenta Tunja-Duitama: Está ubicada en el Departamento de Boyacá entre el Puente de Boyacá al sur y el municipio de Duitama al norte. Corresponde al sinclinal de Tunja y se extiende en una longitud de unos 35 Km con un ancho promedio de 8 Km. Los carbones se encuentran en el miembro medio de la Formación Guaduas en 8 mantos con espesores entre 0,70 y 2,0 metros. La mayoría de estos carbones están clasificados como subituminosos A hasta bituminosos de altos volátiles C.

Sub-cuenca Sogamoso-Jericó: La cantidad y espesores de los mantos es variable de 1 a 9 y 1,0 a 3,2 metros respectivamente, los espesores acumulados varían entre

8,30 y 10 m. Las reservas se calculan en 102.8 millones de toneladas, los cuales se tratan principalmente de carbones bituminosos altos en volátiles B y C.

Sub-cuenca Chinavita-Umbita-Tinabá: Está ubicada en el centro-sur del departamento de Boyacá en los municipios de su nombre y Machetá Cundinamarca. Los carbones se encuentran en los flancos del Sinclinal de Umbita.

En total las reservas medidas en la zona carbonífera de Boyacá ascienden a 170.4 millones de toneladas.

### 12.5 Ubicación Planta (Guachetá Cundinamarca)

La planta de distribución está ubicada en el Municipio de Guachetá Cundinamarca que está ubicado en el norte con límites del departamento de Boyacá el cual es conocido gracias a su gran producción de carbón mineral de primera calidad y los abundantes hatos de ganado lechero, se ha dado a conocer como la "Ciudad Carbonífera y Lechera de Colombia", ubicado en la Provincia de Ubaté, se encuentra a 118 km de Bogotá por vía terrestre.

La producción de carbón se sitúa sobre la cordillera Oriental entre los municipios boyacenses de Báquira y San Miguel de Sema; al oriente con Venta-Quemada y Samacá; al sur con los municipios de Cundinamarca de Lenguaque y Ubaté. (Ministerio de minas y energía, 2013)



Ilustración 13. Ubicación Patios Coquecol SA CI Cundinamarca. Fuente: Informe logística Interna Coquecol SA CI.

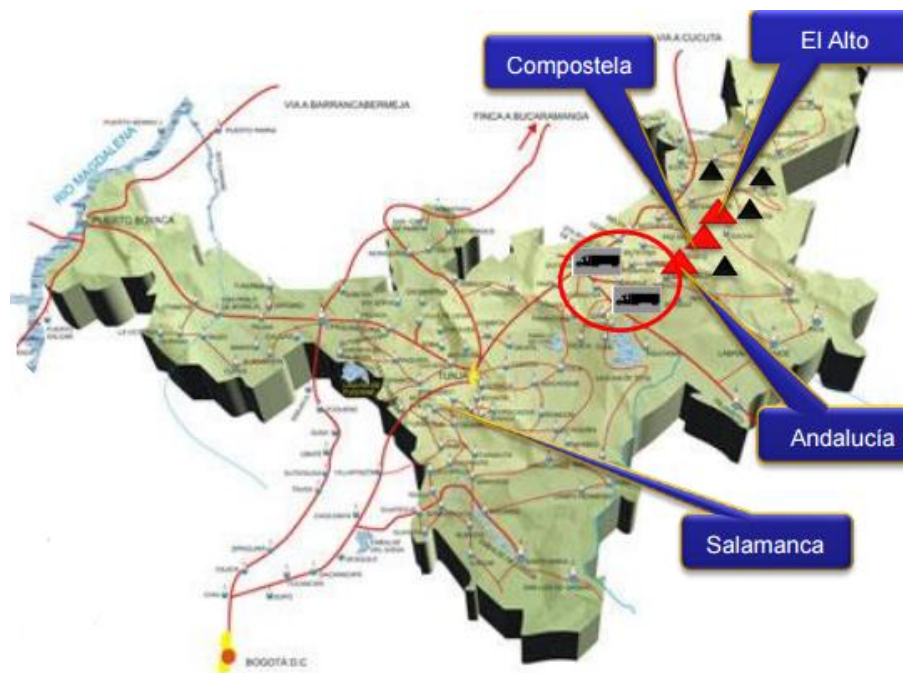


Ilustración 14. Ubicación Patios Coquecol SA CI Cundinamarca. Fuente: Informe logística Interna Coquecol SA CI.



### 13 Marco socio-económico

Minería y desarrollo regional La creciente participación de la minería en la economía de algunos Departamentos constituye un punto central en el análisis del desarrollo económico regional, en la medida en que el sector tiene gran importancia como fuente generadora de ingresos por concepto de exportaciones y tributación.

La producción de carbón se divide en dos categorías: la producción de carbón Coquizable y la de carbón térmico. El carbón Coquizable (del que se obtiene coque) se emplea en la industria siderúrgica y metalúrgica para la fabricación de hierro y acero, y se produce casi en su totalidad en la zona central de Colombia. El carbón térmico se usa para la producción de energía eléctrica. Colombia se destaca en su producción en el ámbito mundial, después de países como Australia, Indonesia, China y Sudáfrica.

En la economía colombiana existe una clara evidencia de encadenamientos productivos hacia adelante en subsectores como carbón y minerales metálicos. (Ministerio de minas y energía, 2012)

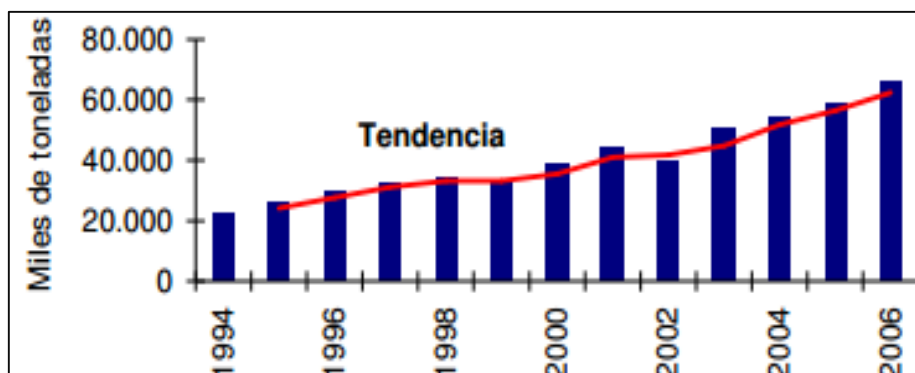


Ilustración 15. Explotación de Carbón en Colombia. Fuente: fedesarrollo-Ingeominas

#### 13.1 Crecimiento exportaciones de carbón

Las exportaciones totales de carbón y coque para el año 2014 ascienden a 89.095.315 toneladas, con un crecimiento de 7,06%, 15,11% y 16,23%, en comparación con los años 2011, 2012 y 2013, que reportaron producciones de 83.217.825, 77.403.030 y 76.652.894 toneladas, respectivamente, las cuales, se desagregan por tipo de carbón y coque, así:

El valor de las exportaciones de carbón y coque para el año 2014 fue de 6.810,06 millones de dólares FOB, siendo superior en 1,83% frente a los 6.687,90 millones

de dólares FOB del año 2013. (SIMCO, Ministerio de minas y energía-Cadena del Carbón, 2012)

El total de exportaciones de carbón metalúrgico durante el año 2014 fue de 1.438.153 toneladas, creciendo 6,75% con relación a 1.347.217 toneladas del año 2013, pero cae 1,55% y 7,51% frente a los años 2011 y 2012, cuando se exportaron 1.460.797 y 1.554.913 toneladas

El valor de las exportaciones de carbón metalúrgico para el año 2014 fue de 148,07 millones de dólares FOB, siendo inferior en un 47,85%, 43,86% y 14,52% de los 283,91, 263,76 y 173,22 millones de dólares FOB de los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente, reflejado principalmente en la disminución en los volúmenes de exportaciones y caída de los precios internacionales de este tipo de carbón, que paso de un promedio ponderado de Us\$189,59/ton, Us\$169,63/ton, Us\$128,57/Ton a Us\$102,96/Ton. (SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón, 2014)

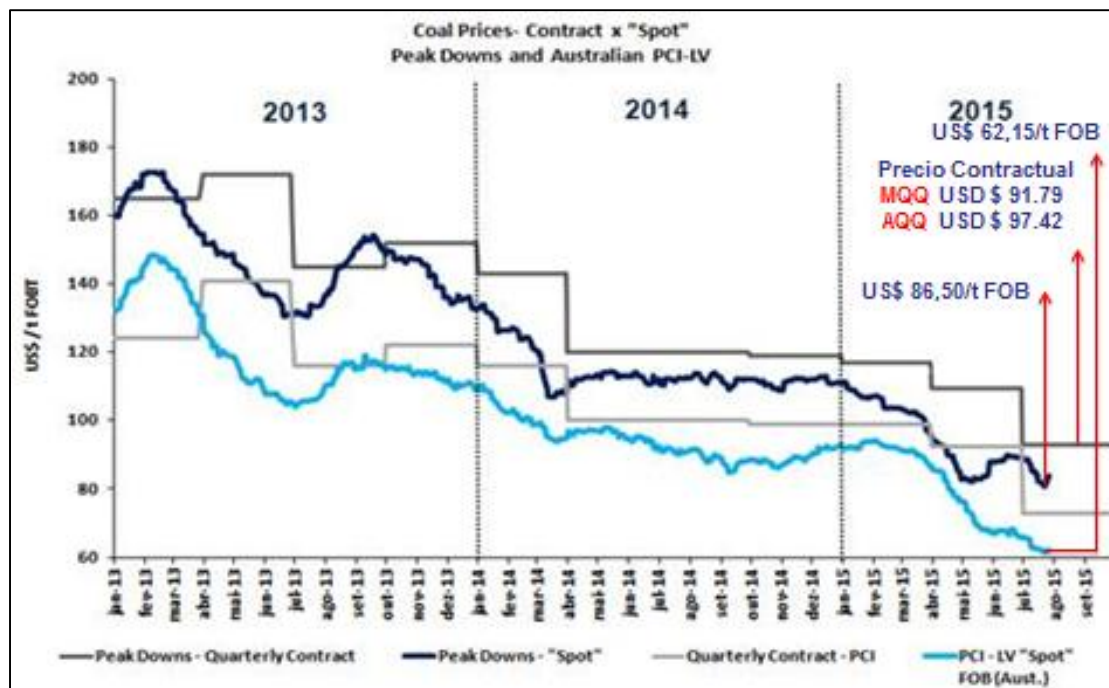


Ilustración 16. Precio Carbón Metalúrgico Peak Downs. Fuente: Revista Plantts

Actualmente el carbón metalúrgico referencia en el mundo Peak Downs según la gráfica, evidencia una tendencia a la baja con resultados a comienzos de Agosto de 86,5 USD/t FOB.

### **13.2 Crecimiento económico carbón 2014.**

En el año 2014 la producción de carbón térmico en Colombia fue de 83.468.235 toneladas que corresponden al 94,23%, de las 88.577.980 toneladas, que alcanzó la producción nacional y presenta un crecimiento de 2,56% y 3,56%, frente a las 81.382.757 y 80.599.930 toneladas producidas en los años 2011 y 2013, es decir una disminución de 2.868.305 y 2.085.477 toneladas.

La producción de carbón metalúrgico en Colombia fue de 5.104.123 toneladas, para el año 2014, que corresponden al 5,76% del total de producción nacional y presenta un incremento de 15,50%, 4,04% y 4,32%, en comparación con 4.418.980, 4.906.137 y 4.892.932 toneladas producidas en los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente. (SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón, 2014)

El total de exportaciones de carbón térmico durante el año 2014 fue de 85.679.366 toneladas, presentando un incremento de 6,89%, 15,69% y 16,71%, con respecto a un volumen de exportación de 80.157.719, 74060.060 y 73.409.550 toneladas de los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente.

### **13.3 Crecimiento De Carbón Metalúrgico**

El carbón metalúrgico presenta un crecimiento de 15,05%, 11,27% y 9,52%, en las exportaciones realizadas durante el segundo semestre de 2014, en comparación con el segundo semestre de 2012 y 2013, y con respecto al primer semestre de 2014, al pasar de 653.409, 675.592 y 686.391 a 751.763 toneladas, respectivamente. (SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón, 2014)

El valor de las exportaciones de carbón metalúrgico para el segundo semestre de 2014 alcanzó los 74,75 millones de dólares FOB, presentando una caída de 60,69%, 27,33% y 8,31%, con relación al segundo semestre de los años 2011, 2012 y 2013, con un valor reportado para las exportaciones de 190,17, 102,86 y 81,53 millones de dólares FOB, respectivamente, pero crece 1,96%, en comparación al primer semestre de 2014, que presentó un valor en las exportaciones de 73,31 millones de dólares FOB. (SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón, 2014)

### 13.4 Producción Mundial De Carbón Coquizable O Metalúrgico

La producción mundial estimada de carbón coquizable para el año 2010 fue de 894,5 Mt, presentando un incremento del 14,22% respecto al 2009. Esta producción presenta un crecimiento promedio anual en el periodo 2005-2010 de aproximadamente el 6,9%, el mayor incremento anual en el volumen producido en el año 2010, al pasar de 783,18 a 894,5 Mt y el menor para el año 2008, con una variación anual de 0,8% representada en algo más de 6,09 Mt.

China, Australia, Rusia, Estados Unidos, India, Canadá y Ucrania concentran el 92,78% de la producción mundial de carbón coquizable. China es el principal productor de dicho mineral con aproximadamente el 50,85% del volumen mundial, representado en 416,5 Mt.

La producción estimada de carbón coquizable colombiano en el año 2010 alcanzó las 4,57 Mt, presentando un incremento anual del 80,21% en el volumen producido respecto a 2,54 Mt del año 2009. Dicha producción representa el 0,51% del volumen total de producción de carbón coquizable mundial. (SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón, 2014)

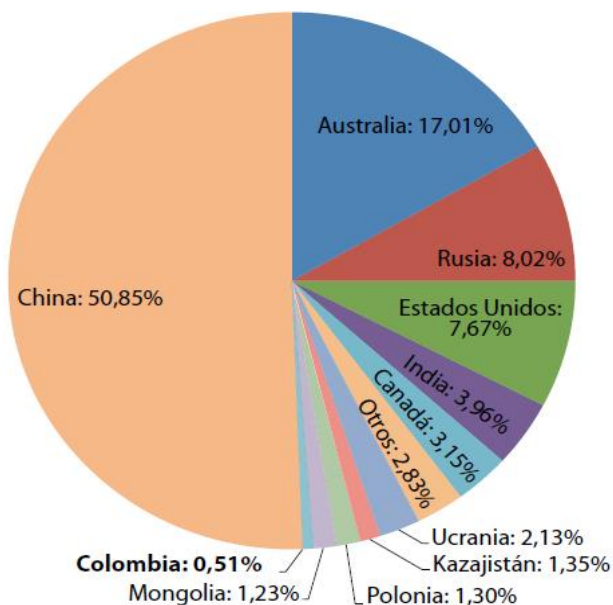


Ilustración 17. Estadística países exportadores de Carbón Metalúrgico. Fuente: DANE Cálculos UPE.

### **13.5 Exportaciones carbón metalúrgico mundial**

Las exportaciones estimadas en el 2010 ascendieron a 272,1 Mt, presentando un incremento del 28,20% respecto al 2009, estimadas en 59,9 Mt. Australia es el mayor exportador, con el 56,81% del volumen total exportado a nivel mundial. Otros países, como Estados Unidos, Canadá, Indonesia, Rusia, China, Polonia, Sud-África y Colombia complementaron la oferta exportable mundial de la siguiente forma:

El consumo mundial de carbón coquizable presenta en el período 2005-2010 un crecimiento de aproximadamente 11,28% en promedio y se mantiene alrededor de 740,55 Mt promedio en igual período. En el año 2005, el consumo mundial de carbón coquizable fue de 627,79 Mt, pasando en el año 2010 a cerca de 879,47 Mt a nivel mundial. De los mayores consumidores de carbón coquizable (10 Mt/año), algunos países como Brasil, Estados Unidos y Polonia, muestran un incremento del 36,6%, 36,4% y 32,0%, al pasar de 9,15 a 12,49 Mt, 14,04 a 19,15 Mt y 9,91 a 13,08 Mt, respectivamente, mientras que Corea, India, Rusia, Ucrania y la República de China incrementaron su consumo alrededor de 10 y 16%, resultado de una demanda mayor, mientras que Alemania presenta un decrecimiento del 2,3%, al pasar de 15,47 a 15,11 Mt.

### **13.6 Exportaciones de carbón metalúrgico Colombia.**

El total de exportaciones de carbón metalúrgico durante el año 2014 fue de 1.438.153 toneladas, creciendo 6,75% con relación a 1.347.217 toneladas del año 2013, pero cae 1,55% y 7,51% frente a los años 2011 y 2012, cuando se exportaron 1.460.797 y 1.554.913 toneladas.

Los principales destinos de exportación:

El valor de las exportaciones de carbón metalúrgico para el año 2014 fue de 148,07 millones de dólares FOB, siendo inferior en un 47,85%, 43,86% y 14,52% de los 283,91, 263,76 y 173,22 millones de dólares FOB de los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente, reflejado principalmente en la disminución en los volúmenes de exportaciones y caída de los precios internacionales de este tipo de carbón, que paso de un promedio ponderado de Us\$189,59/ton, Us\$169,63/ton, Us\$128,57/Ton a Us\$102,96/Ton. (SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón, 2014)

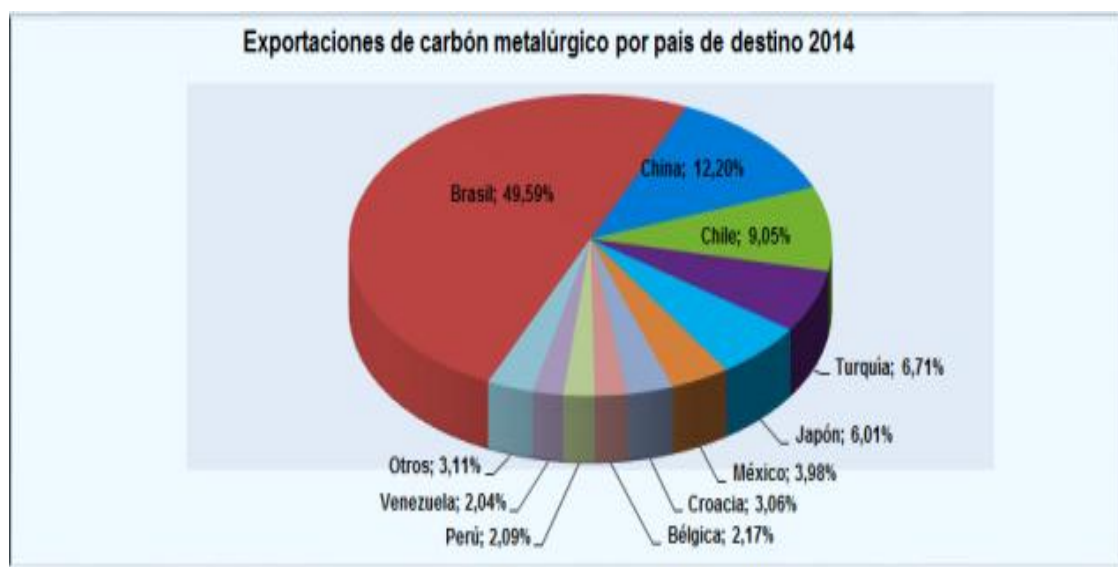


Ilustración 18. Gráfica países importadores de Carbón Metalúrgico. Fuente: SIMCO-DANE.

## 14 Marco situacional

### Caracterización Del Municipio De Guachetá

El Municipio de Guachetá está ubicado a 118 Km al Norte de Bogotá D.C., en el sector nororiente del Departamento de Cundinamarca, Altiplano Cundiboyacense. Limita al Norte con el Departamento de Boyacá, con los Municipios de Ráquira y Samacá, por el sur con Ubaté y Lenguaque, por el Oriente con Ventaquemada y Lenguaque y por el Occidente con Fuquene y Ubaté.

Extensión total: 177.45 Km<sup>2</sup>



Ilustración 19. Ubicación municipio de Guachetá. Fuente: Cundinamarca.gov.co

### 14 .1 Dimensión poblacional

La dinámica de la población en el municipio de Guacheta es diversa e intensa, como se muestra más adelante a partir del censo DANE de 2005, se proyecta un crecimiento, concentrado mayoritariamente en el área rural. Estos datos no reflejan completamente la realidad poblacional, pues no se cuenta con cifras que 38 precisen la cantidad de personas residentes en el municipio y que han llegado producto de la alta migración por los procesos productivos en las minas y en el

sector agrícola, en donde al lado del trabajador que viene de distintas áreas geográficas del país.

Densidad de población: 11056 (Hab/Km2)

Habitantes en el municipio

No. Habitantes Cabecera: 3797

No. Habitantes Zona Rural: 7259

Total: 11056

Distribución de la población por rangos de edad

Tabla 4. Número de personas de acuerdo rangos de edad. Fuente: página web Guacheta.gov

Guachetá						
Rangos de edad	>1 año	1-4	5-14	15-44	45-59	>60
<b>Total por edad</b>	1117	568	2525	5517	1329	
<b>Porcentaje</b>	10,10	5,14	22,84	49,90	12,02	0,00

## 14.2 Empleo del sector carbonífero de Cundinamarca

Fedesarrollo (2014) estima que la actividad de minería de carbón genera entre 16.000 y 18.000 empleos directos en Cundinamarca, contando la minería tanto legal como ilegal. La contribución al empleo de la minería legal tendría que ser, entonces, del orden de 8,000 empleos. Estos números se han corroborado con algunos empresarios mineros de la región, pero lamentablemente no son capturados por el Censo Minero, que a pesar de ser llamado un censo, abarca solamente 55% de las unidades productivas de la minería de carbón en el país.

En esta sección se usa la información del Censo Minero para caracterizar el empleo de la minería legal de carbón en Cundinamarca, por considerar que aunque en número de empleos directos el censo subestima la contribución de esta actividad, el censo sí entrega información relevante para caracterizar el tipo de empleo que se genera. Según el Censo Minero de 20114 las 286 UPM que operan legalmente en la región generaron ese año aproximadamente 4200 empleos formales directos.



Como muestra el Cuadro en Guachetá y en Cucunubá se encuentran la mayoría de estos empleos. Al analizar el empleo según el nivel de calificación de los trabajadores se encuentra que 59% de los empleados sólo completaron primaria y 24% llegaron completar secundaria.

La participación de personas sin ninguna educación está en el tercer lugar: alrededor del 9% de los trabajadores de las minas no saben leer. Sólo 6% de los trabajadores cuenta con título técnico-tecnólogo o profesional.

Tabla 5. Nivel de educación por municipio. Fuente: Censo Minero.

Municipio	Analfabetas	Primaria	Secundaria	Técnico / Tecnólogo	Profesional	Total
Cogua	4	235	48	7	2	296
Cucunubá	91	565	385	18	36	1095
Guachetá	60	475	322	199	6	1062
Lenguazaque	196	329	124	2	0	651
Nemocón	0	2	4	0	0	6
Pacho	2	45	4	2	0	53
Suesca	0	74	20	4	3	101
Sutatausa	9	492	30	12	2	545
Tausa	28	219	77	7	4	335
Zipaquirá	0	40	6	0	1	47
<b>Total</b>	<b>390</b>	<b>2476</b>	<b>1020</b>	<b>251</b>	<b>54</b>	<b>4191</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>9.31</b>	<b>59.08</b>	<b>24.34</b>	<b>5.99</b>	<b>1.29</b>	

## Minería

Hace cuarenta (40) años aproximadamente comenzó la explotación del carbón con unidades empresariales de tipo familiar, instalándose con el tiempo empresas de mayor envergadura como “San Luis” consolidándose en su momento como la mayor explotadora y comercializadora de carbón contribuyendo al desarrollo del sector . Igualmente y aproximadamente hace 22 años se sitúa la empresa PRODECO generando gran demanda de mano de obra no calificada llegando inclusive a traerla de otros departamentos y regiones del País.

### 14.3 Vías De Comunicación

Terrestres: El Municipio de Guachetá se Comunica con la Provincia de Ubaté por la Vía Capellanía que se encuentra pavimentada y la otra vía principal es la Balsa

que también comunica con Lenguazaque y Ubaté. Al igual se tiene acceso a las diferentes veredas que conforman nuestro Municipio.

#### 14.4 Actividad minera en el municipio de Guachetá

El municipio de Guacheta es el mayor aportante en el departamento de Cundinamarca en el cual hay heterogeneidad entre los aportes que hace cada municipio a la producción del departamento. Entre 2006 y 2012, el municipio de Guachetá aportó el 24% de la producción de la región, seguido por Cucunubá y Suta-Tausa que produjeron el 22% y el 19% del total, respectivamente. Por su parte Lenguazaque produjo el 17% y Tausa el 10% del carbón de la región. Los demás municipios tuvieron una baja participación en la producción de la región (menos de 3.5% cada uno).

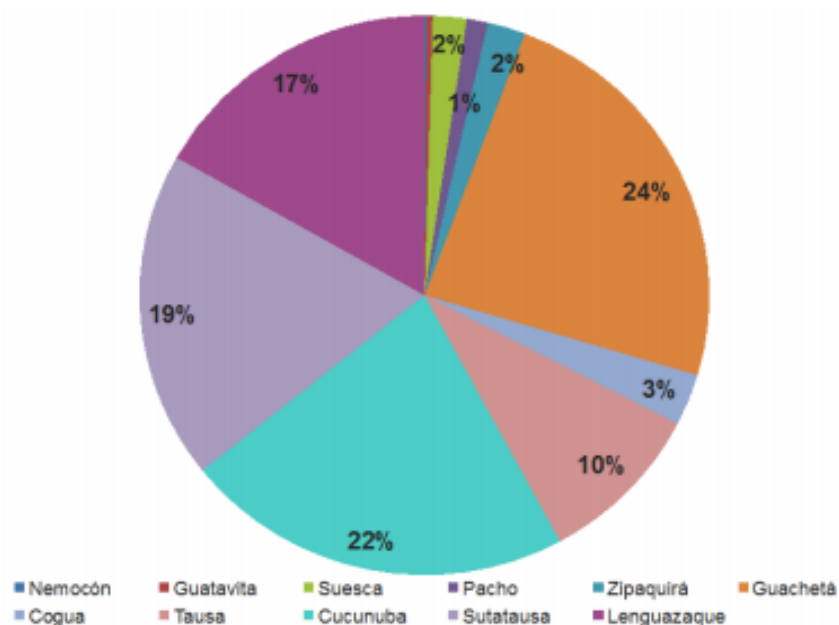


Ilustración 20. Actividad minera por municipio Cundinamarca. Fuente: UPME Fedicun

#### 14.5 Troncal del Carbón

La iniciativa de la construcción de la Troncal del Carbón surge de la iniciativa de las Gobernaciones de Boyacá y Cundinamarca. El objetivo de esta alianza es mejorar la competitividad del sector minero entre ambos departamentos. La Troncal del Carbón contará con 80km que conectarán a los municipios mineros entre Samacá y Ubaté.

Tecnologías para la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos Colombia posee diferentes escalas de producción minera, desde gran minería hasta escala de pequeña minería. En cada una de las escalas de producción se originan necesidades de investigación orientadas a la modelación de depósitos minerales y la geología de minas, la dinámica de macizos rocosos por la presencia de excavaciones múltiples subterráneas o bien por excavaciones a cielo abierto, problemas de simulación y modelación de explotaciones mineras asociadas al planeamiento minero y finalmente el cierre de minas.

Respecto a la exploración, se tiene evidencia que la falta de modelos geológicos apropiados, no permite estimar de manera global el nivel de reservas mineras del país, los potenciales minerales a explotar y la planeación estratégica minera por parte de los organismos de gobierno en el país para un desarrollo de una política de explotación minera confiada en minerales de alto valor agregado y capaces de intervenir en cadenas productivas de alto valor agregado. Por tanto, en esta línea de investigación se esperará enfocar esfuerzos en:

#### Temáticas transversales

- Levantamiento de modelos del subsuelo con fines de explotación petrolera, minera y acuífera.
- Promover programas de encadenamientos productivos entre empresas ancla y proveedores, así como el desarrollo de clúster y redes de conocimiento para el desarrollo de capacidades nacionales. (FEDECUNDI- Federación de Carboneros de Cundinamarca, 2013)

## 15 Marco tecnológico

### 15.1 Molinos trituradores de carbón

En las plantas siderúrgicas de Ouro Branco de Gerdau Brasil y CAP Acero Huachipato Chile, se tienen molinos de martillos que reducen la granulometría del Carbón, estos molinos son utilizados a una capacidad de carga de 200 t/h, equipos alemanes caracterizados dentro la clasificación de los molinos como máquinas de impacto, pueden manejar granulometrías de 3 mm hasta 150 mm. (Visita Corporativa CAP ACERO Chile y Ouro Branco Brasil, Preparación de Carbón., 2014)



Ilustración 21. Molino de martillos Planta Siderúrgica CAP Acero Chile. Fuente: Visita Orlando Pongutá



Ilustración 22. Molino de martillos Planta siderúrgica Ouro Branco Brasil Gerdau. Fuente: Fotografía.

## 15.2 Homogeneizadores de carbón

Son equipos de doble eje rotatorio con aspas girando a 250 rpm mientras pasa el carbón triturado, el objetivo principal de este equipo es mezclar el carbón buscando reducir la dispersión de calidad. (Visita Corporativa CAP ACERO Chile y Ouro Branco Brasil, Preparación de Carbón., 2014)



Ilustración 23. Homogeneizador planta siderúrgica CAP Acero Chile. Fuente: Orlando Pongutá

Actualmente en Colombia no se cuenta con una planta que tenga un equipo homogeneizador de carbón, puesto que aún se mantiene la realización de mezclas bajo la metodología tradicional de conformación de buques por viajes de volqueta en los muelles.

En el mercado se encuentran equipos homogeneizadores chinos de baja Capacidad los cuales para el nivel industrial que se requieren no dan la capacidad de

homogenización. (Visita Corporativa CAP ACERO Chile y Ouro Branco Brasil, Preparación de Carbón., 2014)



Ilustración 24. Homogeneizador Chino. Fuente página web manufacturer.

El año pasado adelanto estudios preliminares para los diseños y adquisición de un equipo para homogenizar carbón en los puertos antes de embarcar en los buques. El homogeneizador de carbón realizaría la mezcla controlada de 6 pilas diferentes de carbón, que corresponden a las mezclas preparadas en cada planta/patio, disminuye la granulometría del carbón garantizando que todo el material esté por debajo de 50 mm, tiene un sistema de detección de metales y apila el carbón favoreciendo la calidad de la mezcla preparada.

Las siguientes son las características del homogeneizador:

- Capacidad 70.000 t/mes (Un buque PANAMAX mensual).
  - Se debe diseñar para 6 tipos de carbones diferentes.
  - Debe ser de fácil transporte para poder ser usado en diferentes puertos, inicialmente se instalará en el puerto de Buenaventura.
  - Altura máxima del equipo 4 m. ancho máximo 2.4 m.
  - Granulometría de entrada 0-250 mm.
  - Granulometría de salida 0-50 mm.
  - Densidad aparente 0.8 T/m<sup>3</sup>.
  - Humedad promedio 10%.
  - La altura máxima de pila en Patio Buenaventura es de 10. m de alto
  - El voltaje debe ser de 440 V
  - Debe poder trabajar con energía eléctrica y con generador diésel



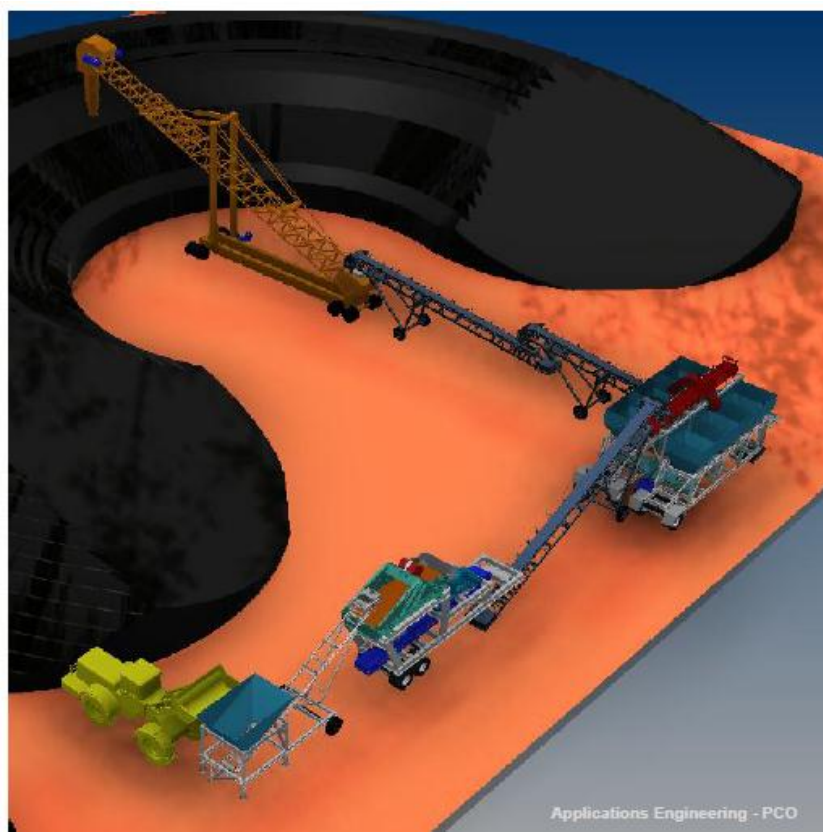


Ilustración 25. Modelo sistema de homogeneización de carbón en puerto. Fuente: Estudio técnico ingeniería Coquecol SA Cl.

## Capítulo 1

### 16. Desarrollo de objetivos

Realizar análisis estado del arte minas de carbón benchmarck en el mundo.

El carbón es una roca sedimentaria de color negro con un alto contenido en carbono y cantidades variables de otros elementos como hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno, siendo utilizado principalmente como combustible fósil, tratándose por tanto de un recurso no renovable, a continuación se muestra las minas benchmarck que por reservas de carbón y con bajas dispersiones de calidad son caracterizadas como proveedores de carbón metalúrgico optimo en el mundo. (Rodriguez, 2014)

#### MINA DE MOATIZE, MOZAMBIQUE

La mina de carbón de Moatize, ubicada en la provincia de Tete en Mozambique, es actualmente la cuarta más grande en el mundo. Sus reservas de carbón recuperables estimadas a partir de diciembre de 2012 fueron de 1.498,8 Mt (300,4 Mt probadas y 1.198,4 Mt probables).

La explotación minera es operada y gestionada por la compañía minera brasileña Vale, que cuenta con la propiedad del 95% de la mina, siendo su primer proyecto Greenfield en África. La concesión para construir y operar la mina de carbón a cielo abierto se concedió en 2006, comenzando sus operaciones comerciales en julio de 2011. En la actualidad, la capacidad de producción anual nominal de Moatize se sitúa en 11 Mt de carbón, incluyendo 8,5 Mt de carbón metalúrgico y 2,5 Mt de carbón térmico. No obstante, se espera que la mina no alcance su capacidad total de producción hasta 2015. (Rodriguez, 2014)



Ilustración 26. Mina Moatize Mozambique. Fuente: página web Fieras de la ingeniería



### **MINA DE RASPADSKAYA, RUSIA**

La mina de Rapsadskaya, situada en la región de Kemerovo, es la mayor mina de carbón de Rusia y la novena más grande del mundo, cuyas reservas de carbón recuperables se estiman en 782 Mt. Las operaciones mineras se fundamentan en dos minas subterráneas, Rapsadskaya y MUK-96, así como una mina a cielo abierto llamada Razrez Rapsadsky.

La producción en Rapsadskaya, gestionada por la empresa Coal Company Rapsadskaya, comenzó su actividad comercial a finales de 1970 generando 100% carbón metalúrgico. La producción total anual alcanzó hasta los 13,6 Mt, de los cuales 8,9Mt provienen de la mina subterránea de Rapsadskaya, siendo ésta además la mina subterránea más grande de Rusia. (Rodríguez, 2014)



Ilustración 27. Mina Rapsadskaya Rusia Fuente: página web Fieras de la ingeniería

### **Mina de Peak Downs, Australia (BENCHMARK CARBÓN METALÚRGICO)**

La mina de carbón Peak Downs, ubicada en la cuenca de Bowen en Queensland, Australia, se posiciona como la sexta mina de carbón más grande del mundo y primera en explotación y comercialización de carbón metalúrgico. Concretamente, se estima que contiene 1.063 Mt de reservas recuperables de carbón según los últimos datos oficiales a fecha de junio de 2013.

Gestionada y operada por BHP Billiton Mitsubishi Alliance (BMA) y en producción desde 1972, Peak Downs es una de las siete minas existentes en la cuenca de Bowen. Toda la producción de carbón de la mina se envía a través de ferrocarril a la Terminal de Carbón Hay Point, cerca de Mackay, para su distribución. (Rodríguez, 2014)



Ilustración 28. Mina Peak Downs Australia Fuente: página web Fieras de la ingeniería

## 16.1 comparativo logístico benchmark vs logística coquecol SA CI

Esta mina cuenta con una logística de transporte para exportación del carbón metalúrgico mediante vía férrea lo cual hace que el costo sea muy competitivo, respecto la geografía de nuestro país para llevar el carbón a los puertos del Caribe y pacífico. (Informe peak downs)



Ilustración 29. Vías de transporte Peak downs a Puerto Australia. Fuente: página web logística Australia

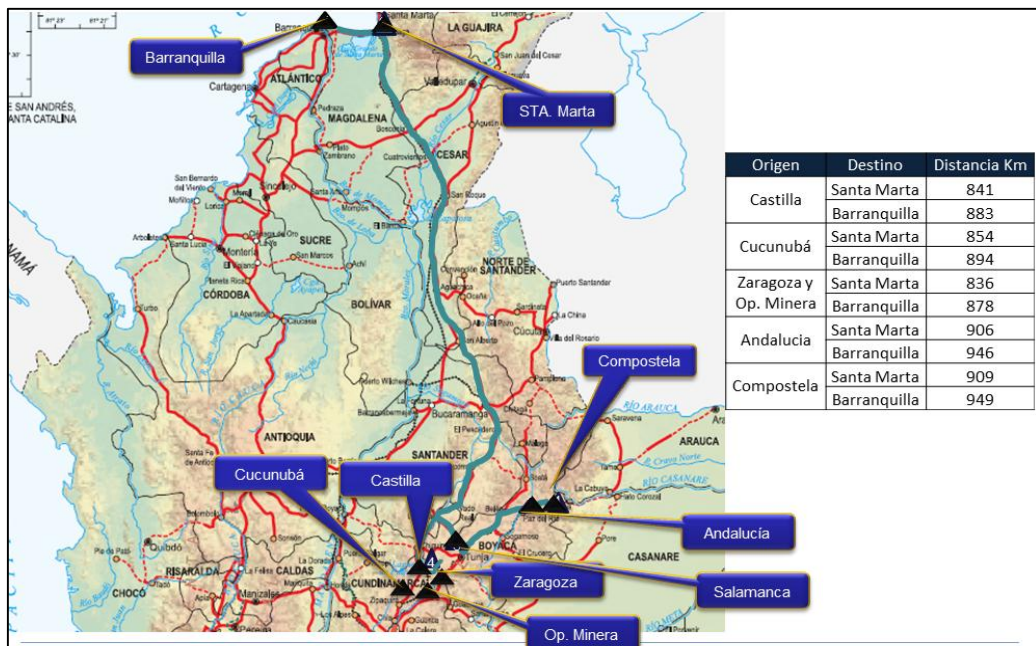


Ilustración 30. Vías de transporte MQQ al Caribe Coquecol SA CI.

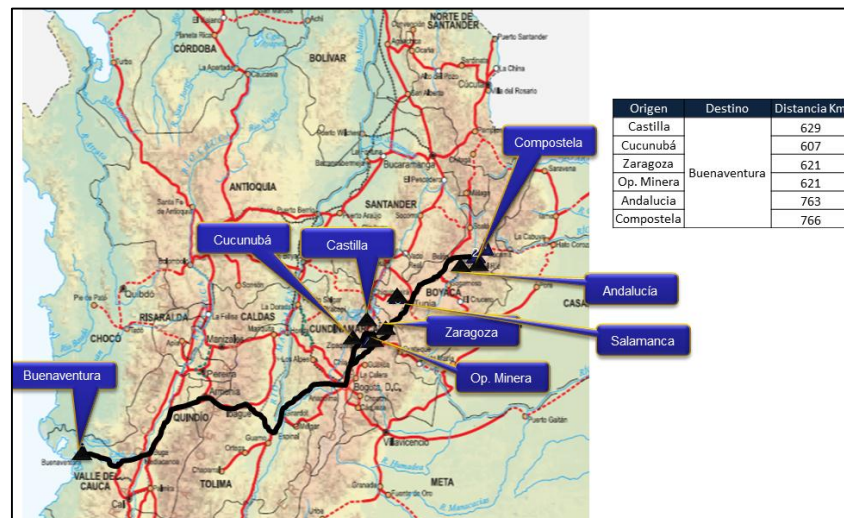


Ilustración 31. Vías de transporte MQQ al Pacífico Coquecol SA CI.

Respecto el benchmark logístico se concluye que la geografía colombiana impone baja competitividad generando el 42% de los costos relacionados con la exportación de carbón respecto grandes países mineros como Australia, ya que cuentan con varios modos de transporte.

A continuación se muestra la dispersión de calidad de Cenizas y materia volátil, en el cual se observa que se tiene una media en % de cenizas de 9,55 y una desviación estándar de los datos de **0,21**.

En cuanto % materia Volátil se observa que mantiene una media de 20,70 y una desviación estándar de **0,30**, lo cual indica un carbón de muy baja dispersión ideal para el consumo en las grandes siderúrgicas productoras de Acero.

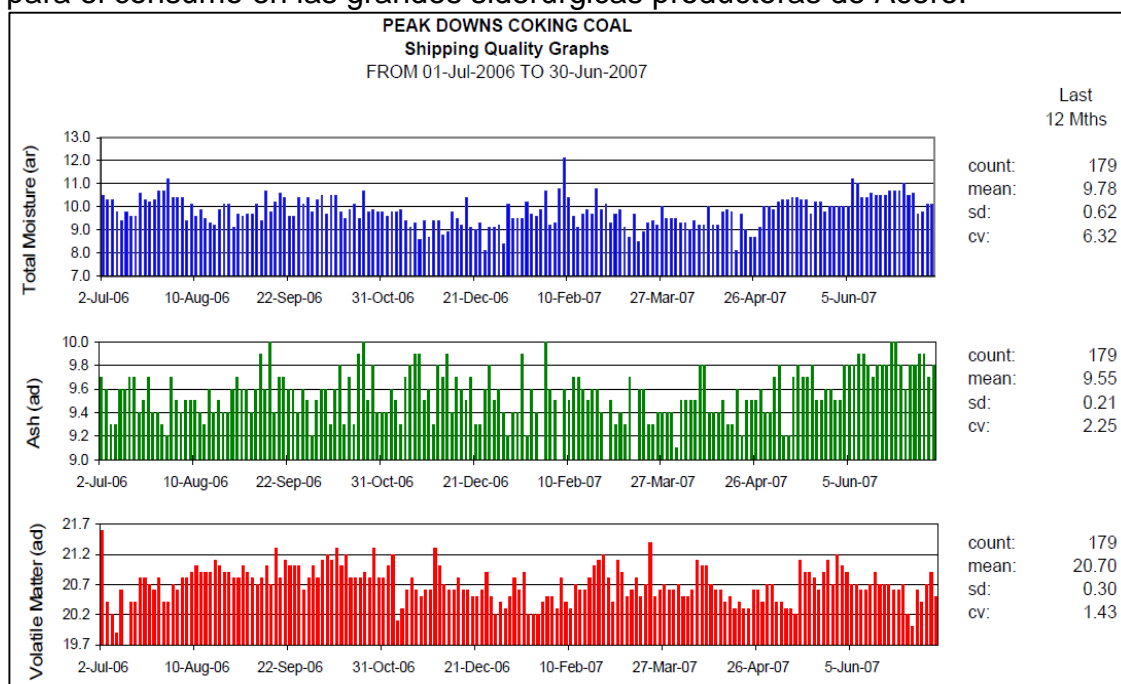


Ilustración 32. Dispersión de calidad Carbón Peak Downs. Fuente: BHP Billinton artículo.

A continuación se muestra la dispersión de calidad del Carbón MQQ de Coquecol SA CI, en el cual se evidencia una desviación estándar para el año 2014 de **0,52%** y **0,66%** de desviación estándar para materia Volátil.

Tabla 6. Resumen dispersión de calidad embarques entregados a Ouro Branco

BUQUE	PUERTO	TONELAJE	LAB	$\sigma$ % CZ	$\sigma$ %MV	$\sigma$ ST
Kobe Gloria	BQ	25.231	INSP	0,75	0,53	0,012
Nord Crest	BUN	7.988	SGS	0,11	0,56	0,028
Hydrus	BUN	48.400	INSP	0,62	1,28	0,032
Tai Hawk	SMR	32.290	INSP	0,20	0,65	0,016
United Maderas	BUN	44.074	INSP	0,39	1,04	0,064
Cape Henry	BUN	48.685	INSP	0,68	0,32	0,064
Fortune Rainbow	SMR	72.050	INSP	0,36	0,57	0,037
Stellae Mare	SMR	78.001	SGS	0,67	0,41	0,081
		<b>356.720</b>	<b><math>\sigma</math> TOTAL</b>	<b>0,52</b>	<b>0,66</b>	<b>0,049</b>

En el siguiente gráfico se muestra la variación de calidad en % Cenizas con datos desde 6,8% hasta datos de 12,5%, esta dispersión afecta directamente la calidad del coque para la producción de acero.

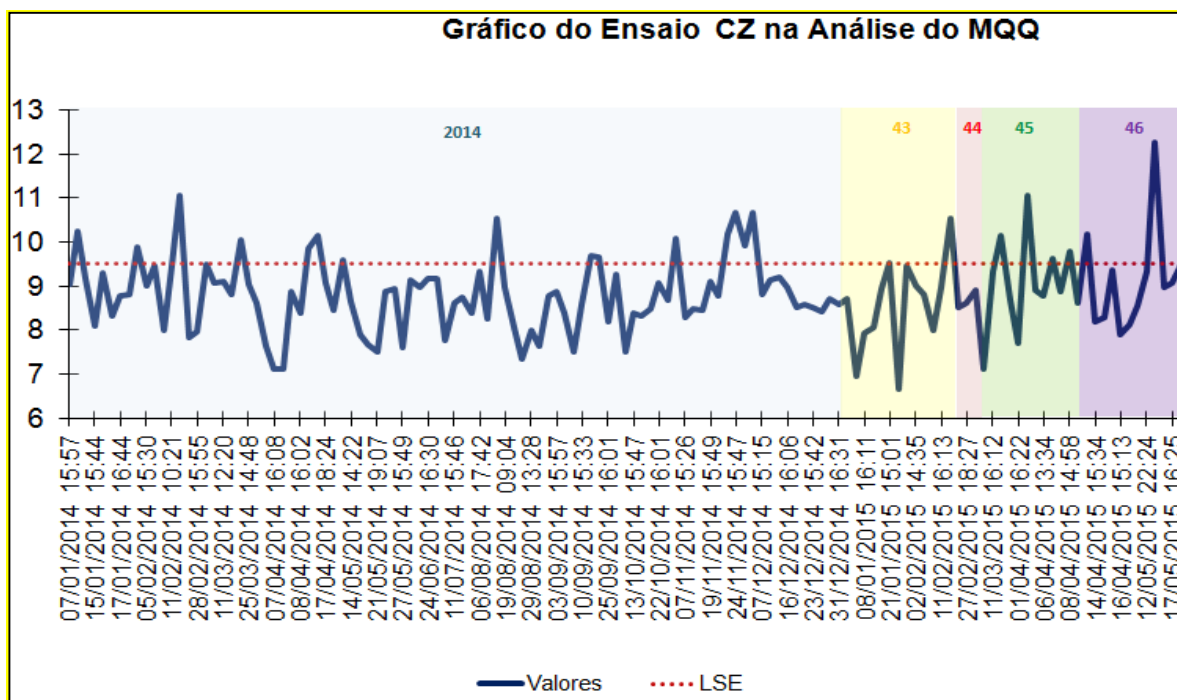


Ilustración 33. Gráfico de dispersión de calidad por embarque Coquecol SA CI 2014-2015.



## Capítulo 2.

Diagnosticar la situación actual de cómo se realiza el acopio y despacho de los diferentes tipos de carbón desde Planta Castilla y conformación de mezcla en puertos para enviar a Brasil.

### 17.1 Etapas de proceso Coquecol SA CI



Ilustración 34. Etapas de proceso Coquecol SA CI. Fuente: Archivos gestión de rutina Tecnología de gestión Coquecol SA CI.

### Etapas Del Proceso

1. **Diseño del Producto:** Se realiza el diseño de las mezclas según especificaciones del cliente teniendo en cuenta las características de dispersión y granulometría. Estas especificaciones se envían por medio del ERP (STONE) a las plantas.

El proceso de planeación tiene variables de proceso por la compra de materia prima el cual se basa en estimados de venta para realizar negociación de carbón de minería local de sector.

2. Entradas de Carbón: Se cuenta con ingreso de carbón de proveedores y de minas propias las cuales ingresan a la planta según especificaciones de calidad.

En el ingreso de materias primas se tienen en cuenta variables de planeación como la capacidad de almacenamiento, recepción de carbón, inspección de calidad validando la granulometría y porcentaje de cenizas del material.

3. Pilas Patios por Tipo de Carbón: Se clasifican los carbones según especificación y se apilan en los patios.

Se clasifica el carbón según las especificaciones de los procesos de calidad en los patios para evitar mezcla de tipo de carbón. El apilamiento se debe realizar según el procedimiento para evitar mala manipulación del material.

4. Cargue en Patio: Cargue de carbón Metalúrgico en tracto mulas por medio de maquinaria amarilla que se deja lista para el despacho.

Es el proceso de alistamiento de mercancía hacia los puertos en el cual verifica la calidad de carbón correspondiente a las necesidades de cliente y con verificación de hoja de Check List de condiciones de transporte , Peso ,Estado de vehículo , documentación .

5. Despacho Planta a puerto: Despacho de tracto mulas desde planta con destino a puerto. Se puede despachar carbón para los puertos de costa atlántica o Pacífica.
6. Operación Portuaria: Recepción de carbón en puerto y se forman pilas de acuerdo a las especificaciones del envío y se carga el buque bajo los lineamientos de calidad.
7. Cliente: Recepción de carbón en Puerto, transporte a planta siderúrgica en Ouro Branco Brasil.

## **17.2 Oferta de productos actual y mercado actual**

Con el objetivo de realizar un diagnóstico para determinar las oportunidades de negocio en las etapas de decisión de compra de carbón en el mercado se tiene en cuenta las diferentes estrategias de cara al cliente que tiene como variable para el consumo del mismo, en donde se debe tener en cuenta la competitividad del producto con respecto al precio las características y especificaciones del producto.

Se contempla los servicios otorgados por Coquecol SA CI son de gran interés para los empresarios ya que agrega valor agregado a la cadena de abastecimiento con respecto a la calidad del producto, servicio y otras actividades que hacen competitiva su gestión con respecto a sus competidores a nivel mundial.

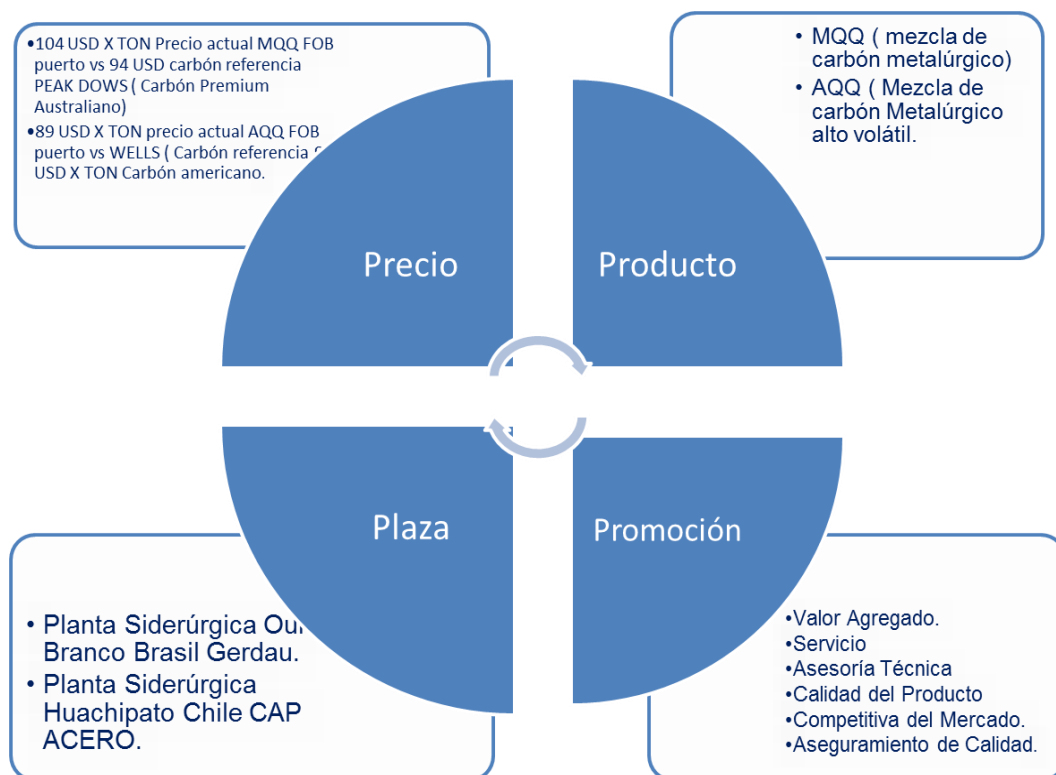


Ilustración 35. Esquema 4P Situación Actual. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna.

### 17.3 Conformación De Mezcla Actual

El proceso actual de conformación de mezclas de Carbón para la constitución de estos carbones en el pre-embarque, consta de tres etapas las cuales inician en los patios de acopio hasta el cargue en puerto:

**Etap 1:** recepción de los carbones de las minas y acopio en las plantas y patios. En promedio una carga de MQQ está constituida por 14 a 16 pilas de diferentes zonas carboníferas, y cada pila tiene entre 5 y 30 minas de carbón diferentes.

**Etap 2:** despacho de pilas de carbón desde plantas y formación de pilas compuestas en puerto, las cuales están constituidas por la mezcla de varias pilas de diferente calidad despachadas desde plantas. En promedio, por limitaciones de espacio, se forman 3 pilas compuestas en puerto, las cuales son formadas con carbones escogidos bajo criterios de similitud de calidades. Las pilas



compuestas se forman controlando la llegada de las mulas, formando ciclos de descargue, que corresponden a la mezcla planeada para dicha pila y colocando los carbones en posiciones cercanas para ser arrastrados por un cargador.

**Etapas 3:** formación de la pila de mezcla final para cargue a buque. Esta pila se conforma durante el urbaneo para el cargue del buque mediante transporte por camiones desde las diferentes pilas compuestas, controlando las proporciones adecuadas en ciclos de urbaneo, colocando los diferentes tipos de carbón lo más cercano posible, y mezclando mediante arrastre con un cargador.

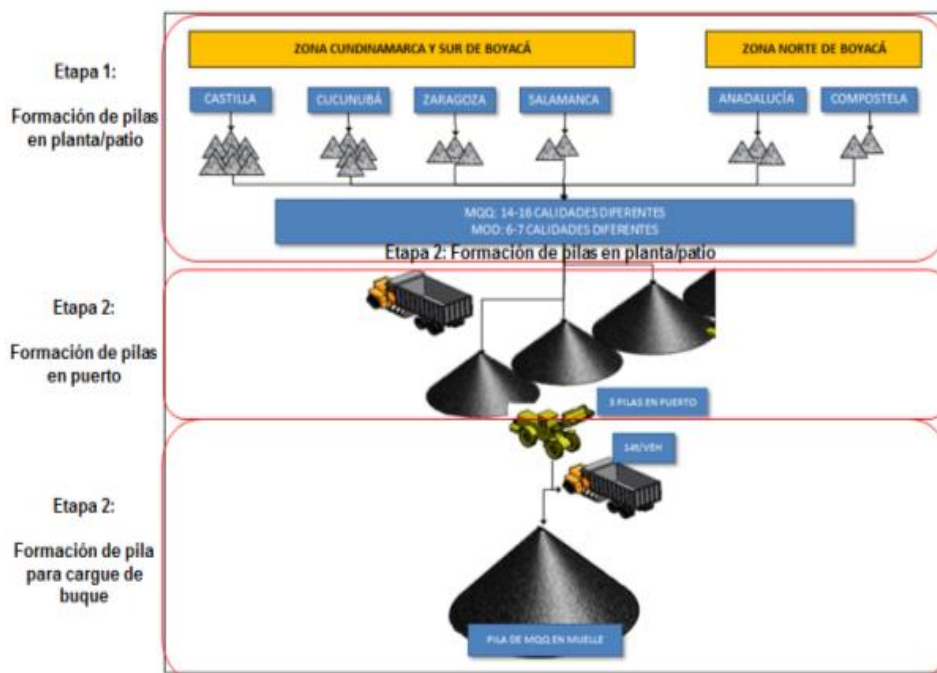


Ilustración 36. Conformación de mezcla MQQ Actual Coquecol SA CI. Fuente: Presentación S&OP Coquecol SA CI.

Cada una de estas etapas tiene deficiencias operacionales que no logran controlar la dispersión de calidad característica de los carbones metalúrgicos colombianos.

Volumen de ventas (Despacho de carbón planta Castilla).

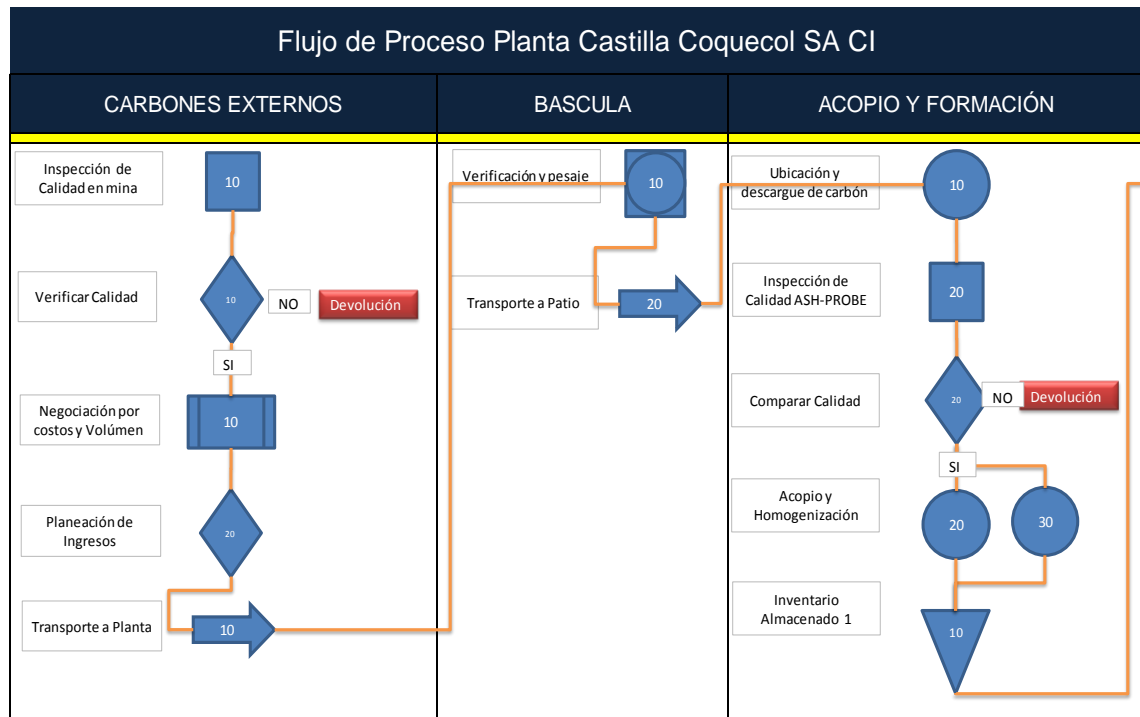
En el grafico se muestra el pronóstico de despachos en toneladas en donde se muestra el comportamiento de envío de carbón metalúrgico con destino a Brasil. (Coquecol SA CI-GCC Gerdau Coal Colombia, 2008)

Tabla 7. Cuadro proyecciones despacho de Carbón Planta Castilla

OPERACIÓN							
		Unidad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Entregas Totales	Ton	PEX	10976	10976	10976	26251	26251
		RF	21379	21379	21379	21351	21351
			36401	27205	12444	19357	24172
		Resultado					
2015							
JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUM
26251	27406	27406	27406	19587	19587	19587	139087
21351	18439	18439	18439	11556	11556	11556	146630
10675	18062						148317

Los datos PEX corresponden a la proyección de despachos de Carbón desde planta Castilla proyectados en el año 2014, el Rolling forecast representa el pronóstico calculado mes a mes bajo la solicitud de pedido por parte del cliente y el ejecutado hasta Julio de 2015.

#### 17.4 Descripción de procesos



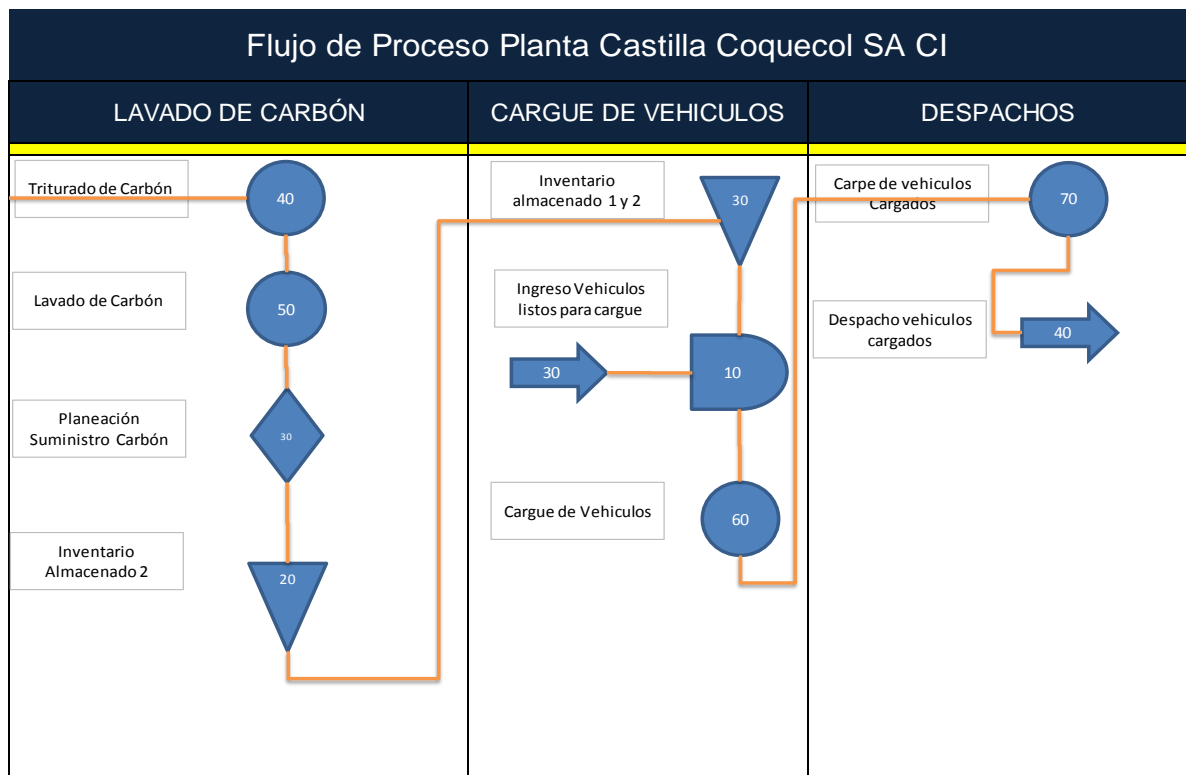


Ilustración 37. Diagrama de flujo actual Planta Castilla Coquecol SA CI. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

## 17.5 VSM actual

En el VSM actual se realiza el flujo de proceso desde la planta Castilla en donde se especifican las operaciones y actividades a nivel administrativo y operativo con los tiempos de proceso para encontrar las mejoras a nivel de la cadena productiva.

El objetivo de esta herramienta utilizada es realizar un mapa de proceso con la situación actual para observar de manera gráfica las conexiones y tiempo de la cadena de valor del proceso y poder determinar cómo funciona el proceso y cuál es el tack time de cada una de las actividades a nivel general y de esta forma poder determinar las posibles mejoras roturas de proceso para hacer más ágil el proceso.

El proceso está desarrollado desde el requerimiento de materias primas de proveedores hasta la entrega al cliente.

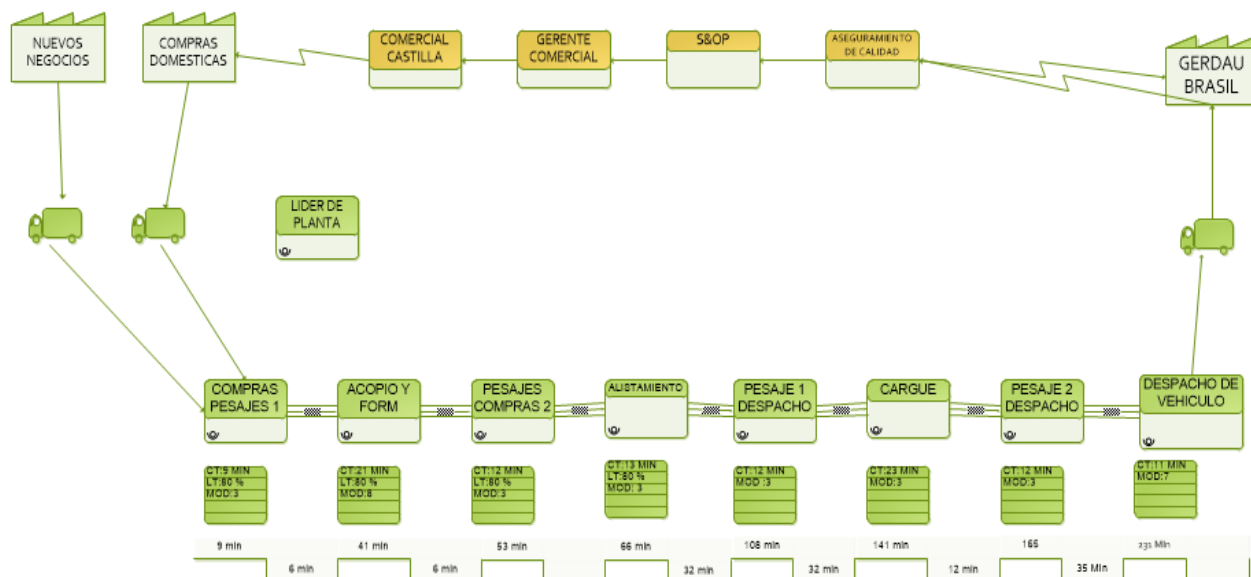


Ilustración 38. VSM Actual Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

Existen dos proveedores de carbón, nuevos negocios y compras domésticas, todo está coordinado con el área de S&OP, encargada de alinear los planes de compras de carbón y despachos a puerto desde todas las unidades, el cliente es Ouro Branco Brasil, todo los movimientos logísticos se realizan mediante transporte terrestre hasta los puertos y luego desplazamiento en buque hasta puerto destino.

## 17.6 Balanceo de etapas de Proceso

En el balanceo de línea encontramos los tiempos de proceso encontrados con el desarrollo del VSM y estos se utilizan para encontrar los cuellos de botella del proceso en cual se identifica como procesos a mejorar las actividades de Despacho, PCA y Cargue y Alistamiento.

El desarrollo del proyecto está enfocado en mejorar los tiempos de Cargue y despacho de vehículos desde la planta Castilla .En la tabla se encuentran los tiempos de las etapas del proceso:

Tabla 2 Tackt Time Proceso Actual. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

Takt Time Proceso			
Operation	Operator	Description	Time
1	A	pesaje de Compras	9
2	B	Acopio y Formacion	32
3	C	Pesaje de compras 2	12
4	D	Alistamiento	43
5	E	pesaje 1 de despacho	12
6	F	PCA y Cargue	45
7	G	Pesaje 2 despacho	12
8	H	Despaho de Vehiculo	56
			<b>221</b>

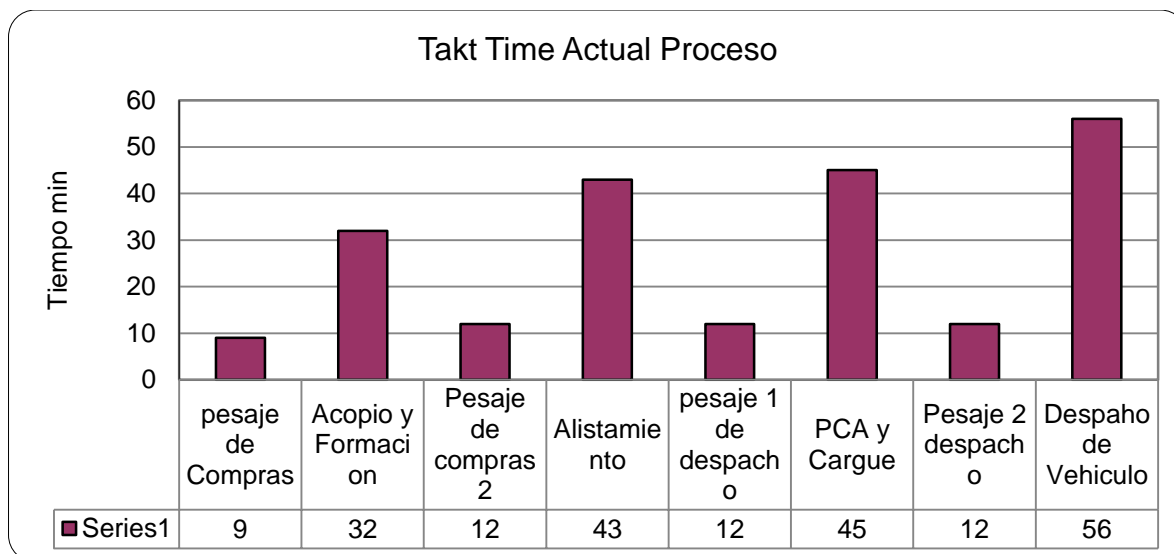


Ilustración 39. Tack Time Actual por Proceso. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

## 17.7 Diseño de planta actual

Plano de la planta actual se identifican las área en donde se realizan las actividades actuales en donde podemos identificar patios de acopio, basculas, planta de lavado de carbón, zonas administrativas, patio de vehículos, porterías.

Actualmente la planta de Castilla cuenta con 6 patios para el apilamiento de carbón y cargue para despacho con capacidad de almacenar 149000 Toneladas.

Capacidades de la planta actual:

Recepción: 36000 Toneladas/ mes

Almacenamiento: 149000 Toneladas en 6 patios

Despacho: 42840 Toneladas/mes

La planta tiene la capacidad que se ajusta a las necesidades del cliente según se observó en el pronóstico de ventas que no supera las 21400 Toneladas mes.

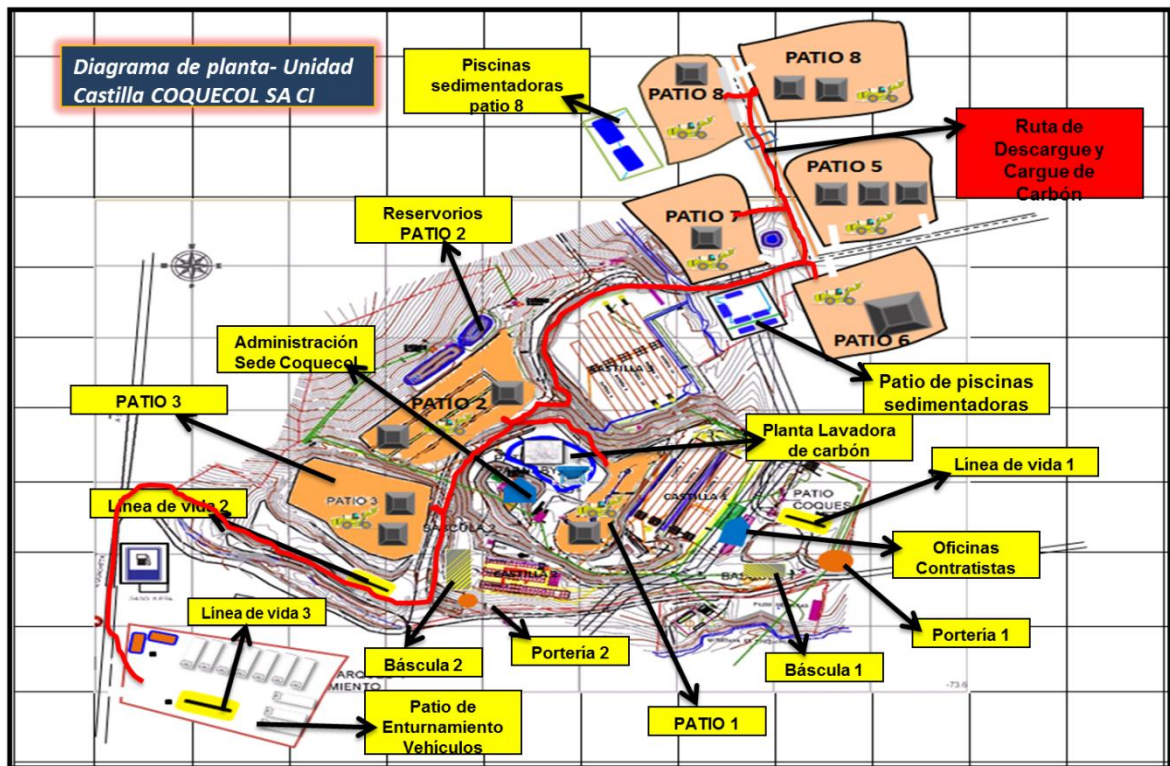


Ilustración 40. Diagrama de Planta Castilla Coquecol SA CI. Fuente: Presentación de planta ppt.

## 17.8 Análisis capacidad de producción

Se realiza el estudio de la capacidad de la planta Castilla teniendo como referencia los metros cuadrados de la planta para el almacenamiento de carbones en los patios de acopio en donde se determina que la capacidad para el almacenamiento es de 149000 toneladas las cuales son se utiliza el 47 % de la capacidad.

La operación tiene actividades que requiere análisis de capacidad para determinar cuáles son los posibles cuellos de botella futuros del proceso y que requieren mejora se identificaron que son de importantes para el desarrollo de la operación normal.

Recepción de mercancías se requiere maquinaria para este proceso y elementos de pesaje para cuantificar la cantidad de ingreso de carbón a la planta en el cual se cuenta con capacidad de recepción de 36000 toneladas de las cuales se está recibiendo las 22000 Toneladas mes.

En el grafico encontramos la capacidad de la planta y en comparación de la capacidad utilizada el cual se está utilizando el 53 % de la capacidad total instalada.

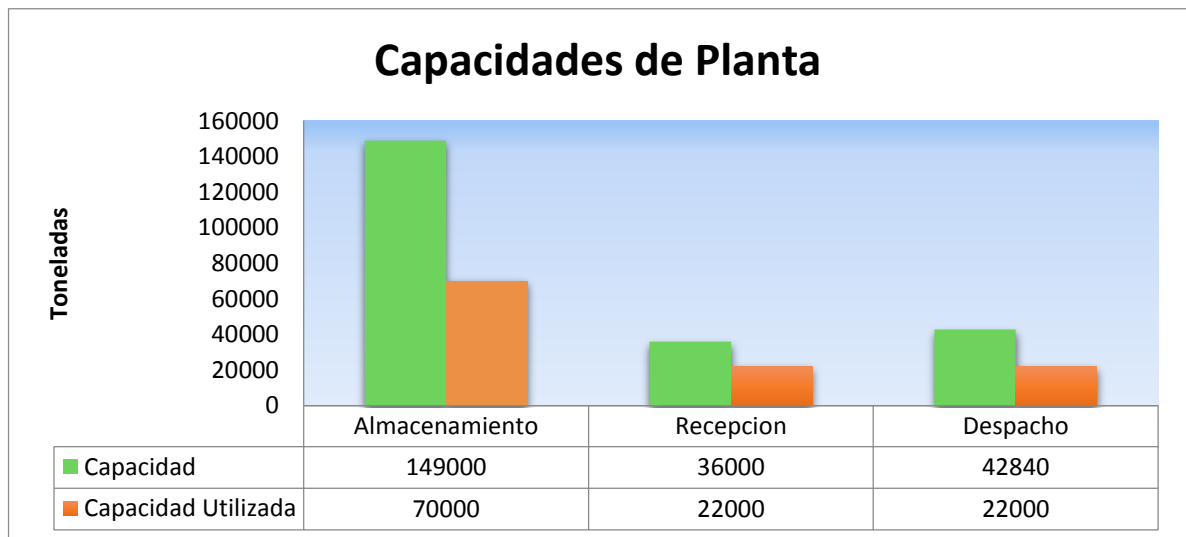


Ilustración 41. Capacidad Actual por proceso de planta Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna.

## 17.9 Diagrama de flujo de datos y materiales

Se describe el proceso por medio de la herramienta de diagrama de flujo de materiales en donde se relaciona el proceso de entrada hasta la salida de carbón metalúrgico con entrega al cliente.

El ingreso de carbón proviene de 2 tipos de negocios, ingreso de materiales carbón de nuevos negocios que son compras a minas certificadas de proveedores y compras domesticas que son de minas propias de Coquecol SA CI que abastecen los patios de Castilla.

El carbón ingresa a la planta por medio de un sistema que maneja los requerimientos de materiales llevando el control de ingreso y salida del mismo el soporta la planeación logística y administrativa del negocio para realizar las diferentes actividades.



Ilustración 42. Diagrama flujo de datos y materiales general

El proceso productivo consta desde el ingreso de materias primas las cuales para realizar el proceso productivo con las etapas de proceso de recepción, Acopio, Cargue y despacho ya descritas en la cadena del proceso.

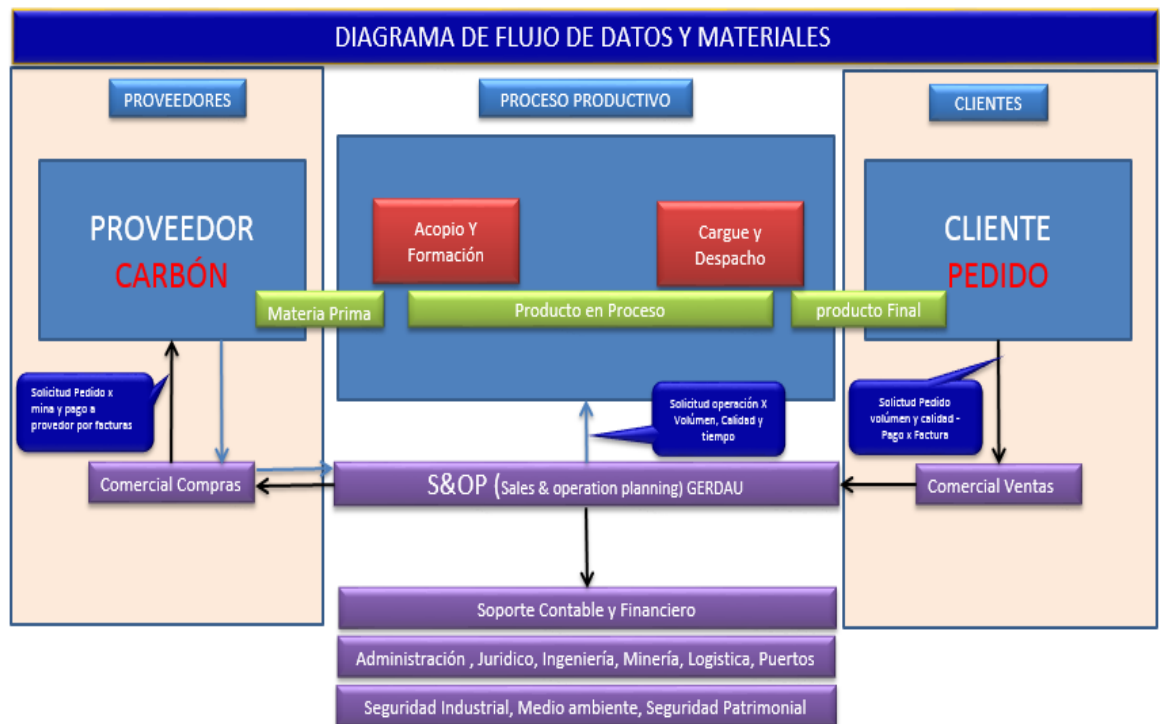


Ilustración 43. Diagrama flujo de materiales proveedor -cliente



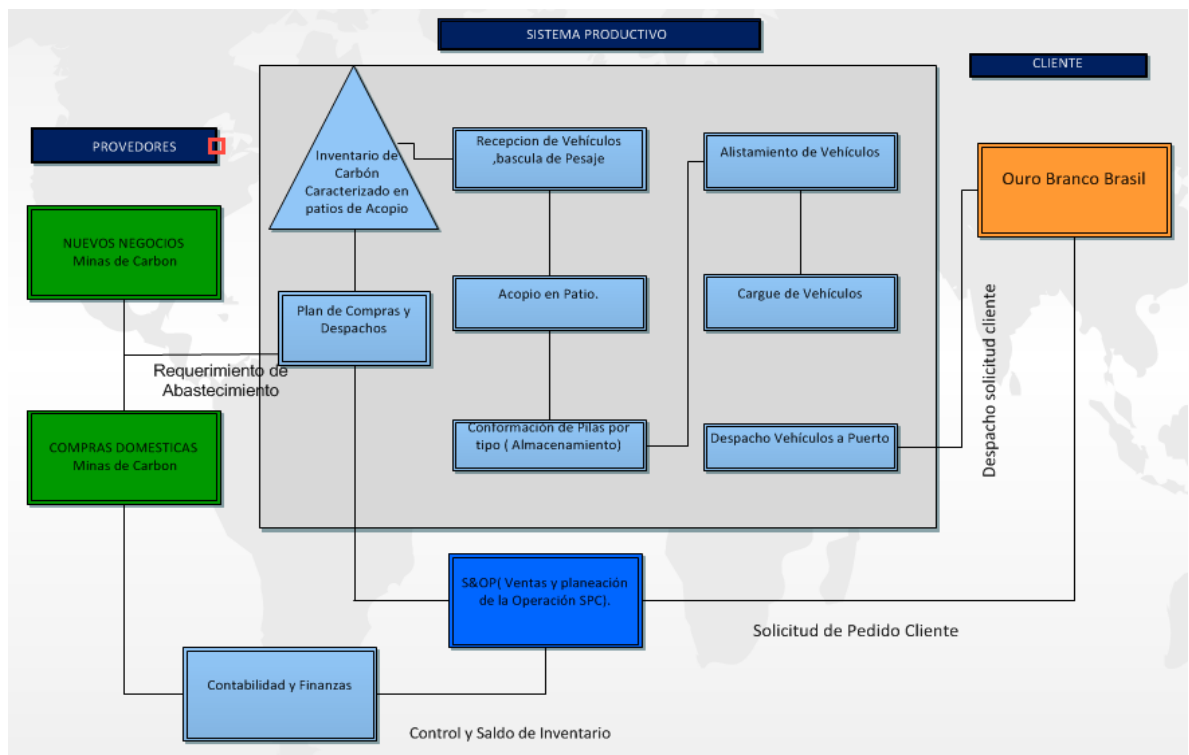


Ilustración 44. Diagrama de flujo y materiales proveedores y sistema productivo

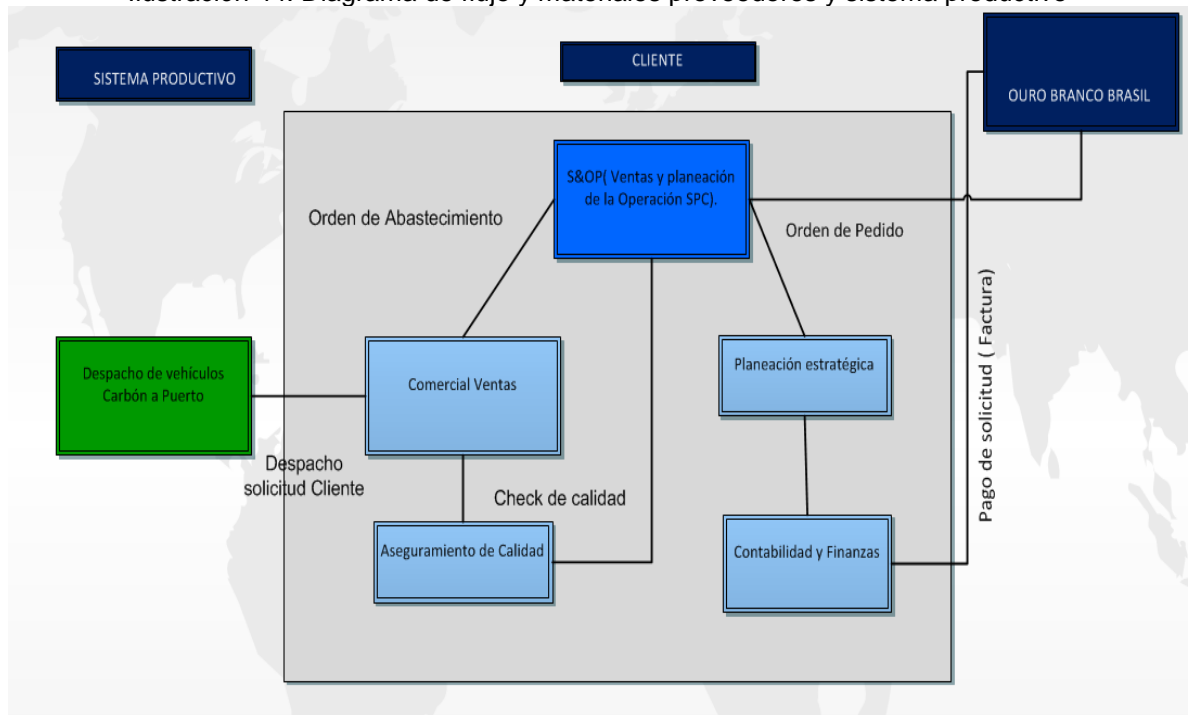


Ilustración 45. Flujo de datos y materiales Cliente y Proveedor

### 17.10 Modelo actual de mejora continua

Los procesos de mejora tiene importancia para la solución de problemas dentro de la organización actualmente se cuenta con varias herramientas que facilitan el proceso de mejora continua los cuales se describen en la tabla adjunta y su función dentro del proceso productivo.

Tabla 8. Cuadro herramientas de mejora Coquecol SA CI. Fuente: Tecnología de gestión Coquecol SA CI.

MODELOS ACTUAL DE MEJORA		
Herramienta	Nombre	Como Funciona
GBS	Gerdau Bussines Sistem	Sistema de evaluación basado en niveles de mejoramiento buscando el benchmarking de acuerdo a las políticas establecidas por la empresa.
GSP	Grupo solución de Problemas	Se realizan mejoras en los procesos mediante metodología MASP.
PAA	Plan de acción Anual	Metodología 5W2h para la gestión de proyectos con termino no mayor a un año.
CAPEX PLAN	Planes de ejecución de mejoras mediante inversión	Metodología de utilización Six Sigma para grandes proyectos.
IDEAS	Aprovechamiento ideas de personas	Desarrollo planes de acción mediante 5W2h o HCA con ideas de mejora proporcionada por la personas
OSHAS 18000	Salud y seguridad	Modelo de sistema de seguridad total
TQC	Total Quality control	Sistema a que involucra todas las personas buscando mejoras a lo largo del proceso buscando garantizar la calidad del producto.

### **Capítulo 3.**

Diseñar de un sistema de alimentación de los diferentes tipos de carbón, transporte, trituración, homogenización y cargue de mezcla de carbón en tracto-camiones desde patio 3 de planta Castilla.

#### **18 Diseño de los requerimientos de producción y operaciones**

El desarrollo del proyecto para la trituración y homogenización de carbón en la planta de castilla tiene 2 posibilidades de mejoras que se evaluarán para validar la viabilidad del proyecto en costo beneficio y estándares de calidad que contribuyan con las necesidades del cliente.

##### **18.1 Diseño 1**

Diseño de mezcla de carbón Metalúrgico que se realiza por medio de maquinaria amarilla teniendo en cuenta las características de cada pila, se saca por cucharadas de cada tipo de carbón y alimenta un molino móvil generando una mezcla única de carbón para despacho a Puerto.

Con la utilización de maquinaria amarilla se debe trasladar cada tipo de carbón de cada pila hasta el molino de trituración, este se encarga de mezclar los diferentes tipos de carbón y obtener una mezcla única para cargue y envío a puerto. Esta alternativa tiene como dificultad la utilización de recursos que requiere como maquinaria adicional y molinos móviles y atender los diferentes patios para realizar el cargue de carbón a los vehículos.

En la ilustración 46 encontramos las diferentes etapas del proceso las cuales inician desde la conformación de pilas en los patios que deben ser ubicadas estratégicamente y con control de inventarios por medio de básculas. En los patios se realizan controles de calidad para certificar los tipos de carbón. Para la realización de la mezcla única estas se llevan al molino con el uso de maquinaria amarilla.

El proceso de trituración se realiza con un molino móvil adaptado en las necesidades de la planta y desplazarlo hasta donde se requiera para la trituración del carbón.

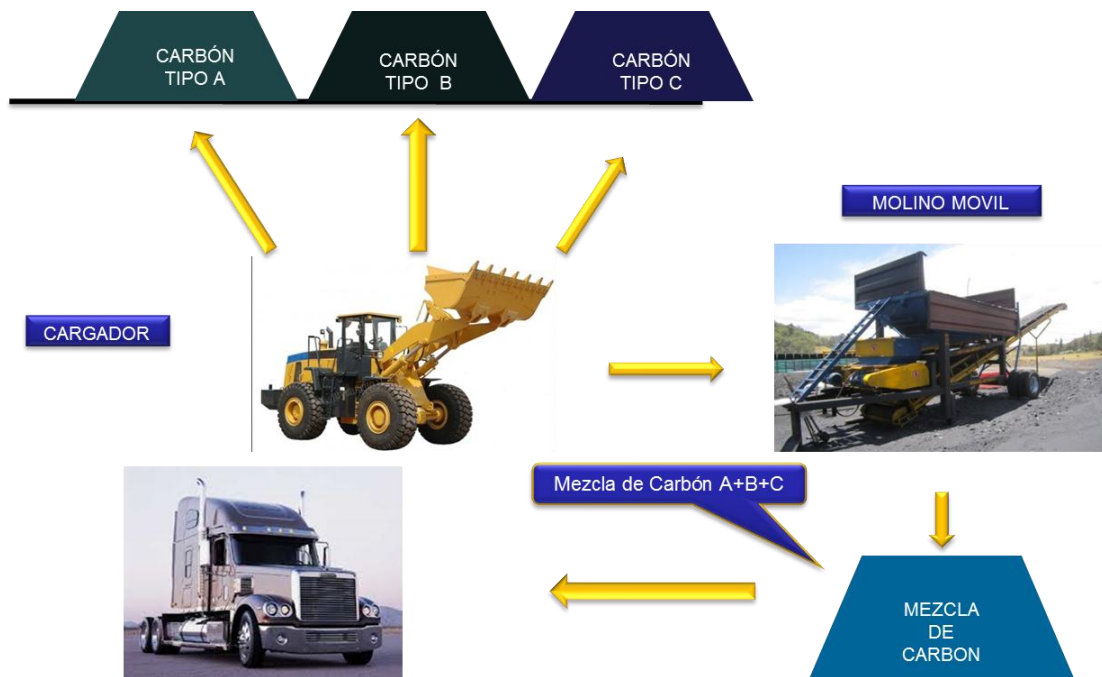


Ilustración 46. Diseño 1 propuesta mezcla única Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

## 18.2 Diseño 2

Mezcla de varios tipos de Carbón mediante un circuito de túnel, tolvas, alimentadores, bandas transportadoras, molinos de rodillos, homogeneizador y puntos de cargue.

Es un proceso automatizado el cual está enfocado en mejorar el proceso en varios aspecto que contribuyen a mejorar las características del producto en términos de calidad en indicadores de cenizas y materia volátil de las especificaciones del carbón MQQ.

La mejora está enfocada en la efectividad del proceso ya que con este sistema se espera mejorar los tiempos de cargue disminuyendo el tack time del proceso con un balanceo desde el ingreso del material de proveedores hasta la salida de envío al puerto.

En la ilustración número 47, se identifica el flujo del proceso el cual se desarrolla por medio un sistema de bandas transportadoras que se abastecen de un circuito de tolvas que contiene los diferentes tipos de carbón que se direccionan a un molino que se encarga del proceso de trituración y este a su vez abastece un mezclador, quien es el encargado de realizar el proceso de homogenización y bajar la dispersión del carbón y garantizar las características de calidad del carbón MQQ.

El Mezclador envía el carbón por medio de un sistema de bandas, el carbón es triturado y homogenizado a los puntos de cargue para mejorar el proceso de despacho en tiempo y eficiencia de la actividad Operacional.

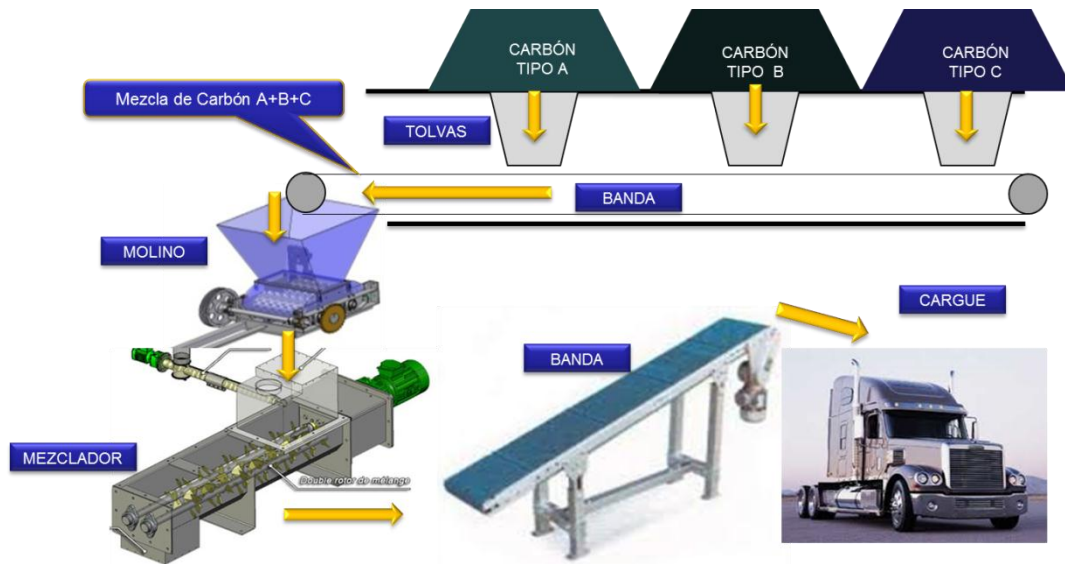


Ilustración 47. Diseño 2 Mezcla única Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

### 18.3 VSM Mejorado

Realizado el análisis de VSM del estado actual se identificó como es el estado del proceso y cuáles son las brechas del sistema de producción y operaciones de la planta castilla para el desarrollo del proceso de homogenización y trituración de carbón metalúrgico. Se identifican procesos de mejora los cuales fueron analizados con esta herramienta para mejorar eficiencia y la eficacia del proceso las cuales se decantan en el gráfico de VSM mejorado desde los proveedores hasta la entrega al cliente

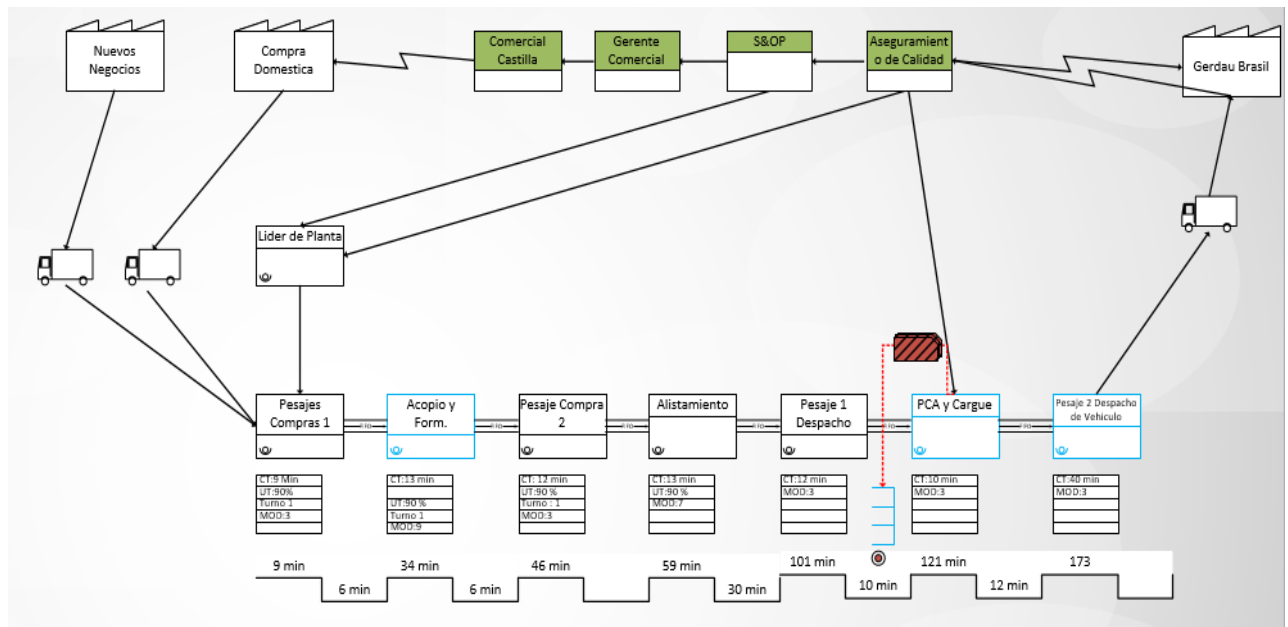


Ilustración 48. VSM Mejorado. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

#### MEJORAS:

- Reducir el tiempo de recepción de carbón debido a que se centralizara el acopio de carbón en los patios más cercanos a la báscula disminuyendo tiempos de transporte hasta los patios más lejanos.
- Se realizará la inclusión de un proceso para homogenizar y triturar carbón logrando el despacho de una mezcla tipo, reduciendo los tiempos de cargue de 18 min a 12 min promedio, de igual manera se centrará el cargue a un solo punto de mayor capacidad.
- El proceso disminuye los tiempo por la automatización del proceso que permite realizar las operaciones con mayor eficiencia y de esta forma aumentar el despacho de vehículos a puerto.
- Realizando la disminución en los tiempos de cargue de vehículos la planta tiene mayor capacidad de despacho lo cual aumenta el envío de mayor numero de toneladas por día pasando de cargar en 18 minutos a 12.

#### 18.4 Tack time mejorado

Se realiza estudio de tiempos y movimiento utilizando la herramienta de análisis para el balanceo de proceso identificando cuales son los procesos que tienen oportunidades de mejora y se desarrolla un planteamiento de análisis para mejorar

los tiempo del proceso con el diseño de trituración y homogenización de carbón en planta castilla.

Con el análisis planteado que contempla balancear las operación para agilizar el sistema de producción se encontraron puntos de mejora en los proceso de acopio y formación de pilas desde el proceso de recepción ya que se cambiara el diseño de recepción y almacenamiento disminuyendo los tiempos de desplazamiento de los vehículos desde la báscula de pesaje y recorridos en la planta se estima pasar de tener 32 minutos en este proceso a 25.

El proceso de alistamiento de vehículos y cargue es donde mayor oportunidad de mejora se identifica en el proceso. El estima realizar con un sistema automatizado con bandas que permite realizar este proceso de 45 min a 32 desde el alistamiento de la tracto mula hasta el cargue. Este proceso en general con el cambio de proceso en movimientos dentro de la planta y el sistema automatizado para la trituración y homogenización disminuye sus tiempos operativos de 221 min a 173 minutos en total teniendo una mejora del 21 %.

Se anexa la tabla con los tiempos actuales y los tiempos de balanceo futuro con las mejoras mencionadas.

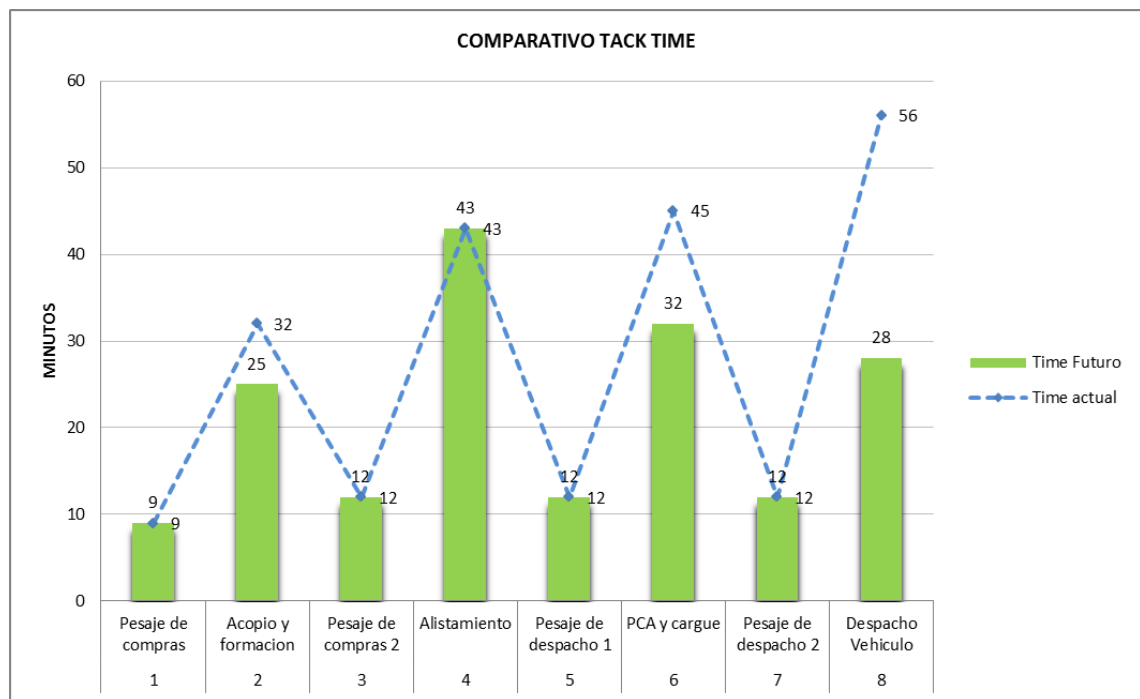


Ilustración 49. Análisis Tack Time. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

## 18.5 Diseño flujo de proceso mejorado

El sistema de producción y Operaciones consta de 7 etapas de proceso para la producción de Carbón triturado y homogenizado para envío a Ouro Branco Brasil.

Etapas Del Proceso.

1. Diseño del Producto.
2. Entradas de Carbón.
3. Pilas Patios por Tipo de Carbón:
4. Cargue en Patio.
5. Despacho Planta a puerto.
6. Operación Portuaria.
7. Entrega Cliente.

El diseño de producción se enfoca en mejorar la etapa 4 con el cambio del proceso de trituración y homogenización de carbón el cual se mejora con un sistema de bandas transportadoras optimizando los tiempos de cargue y despacho de vehículos puerto.

En los gráficos se muestran las etapas de proceso y diagrama de flujo que identifica las actividades que se tienen dentro de cada etapa.







Ilustración 50. Etapas de proceso mejorado. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

En el despacho de planta a puerto se ven reflejadas las mejoras del sistema de operación y producción, aumentando la productividad y reduciendo el tiempo de permanencia de los vehículos en la unidad, a su vez garantizando los parámetros de calidad para el cliente.

En el Diagrama de flujo se contemplan las actividades de cada etapa de proceso identificando la secuencia de cada actividad de proceso como transporte, operación e inspección.

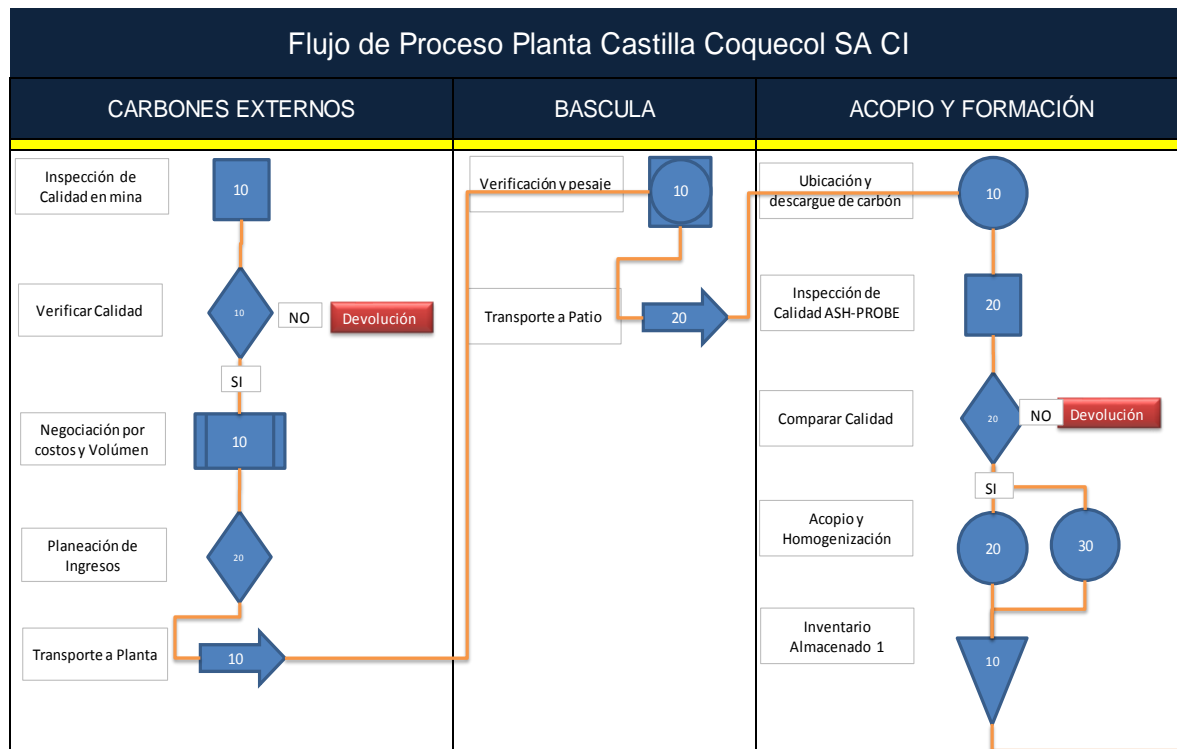
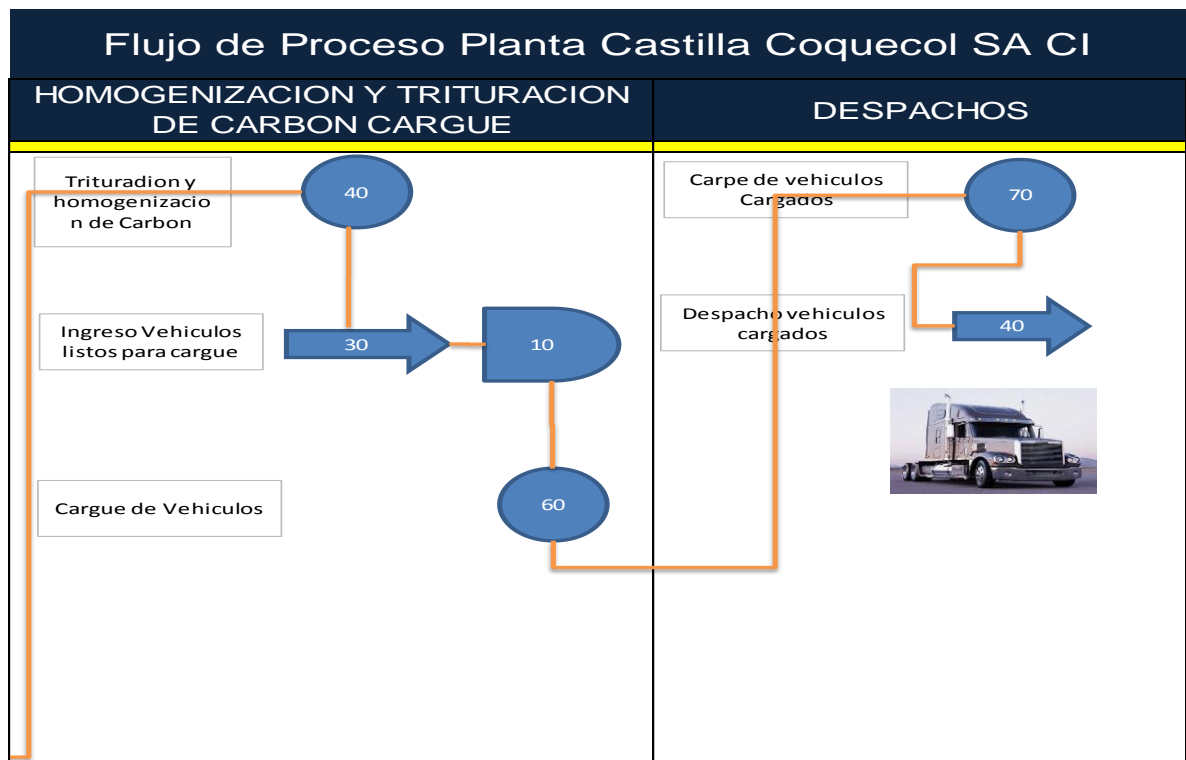


Ilustración 51. Flujo de Proceso Planta Castilla. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna



## 18.6 Matriz BCG y curva del producto

El producto a obtener está ubicado en el cuadrante de la Vaca, debido a que se tiene la disponibilidad de los diferentes tipos de carbón y mediante un proceso de homogeneización y triturado se obtiene la mezcla tipo para despacho de forma continua.

El producto mezcla tipo de Castilla está situada en la fase de crecimiento debido a que se obtiene de unas pilas ya caracterizadas y conformadas en la planta y se despachan al puerto donde se realiza la mezcla por número de viajes descargados en una pila.

Es un producto que está en etapa de crecimiento ya que tiene oportunidad de crecimiento en el mercado actualmente es el único producto que maneja la organización para exportación y el cual mantiene la rentabilidad de la organización se estima que este producto pueda ser mejorado con nuevas mezcla que ayuden la fabricación de acero y por sus características sea más atractiva para ampliar el portafolio de clientes para envío de carbón Metalúrgico MQQ a otros clientes.

Obteniendo un producto con mejoras se logra mejorar nuevos tipos de mezclas de carbón manteniendo estándares de calidad altos en los indicadores de materia volátil y cenizas.

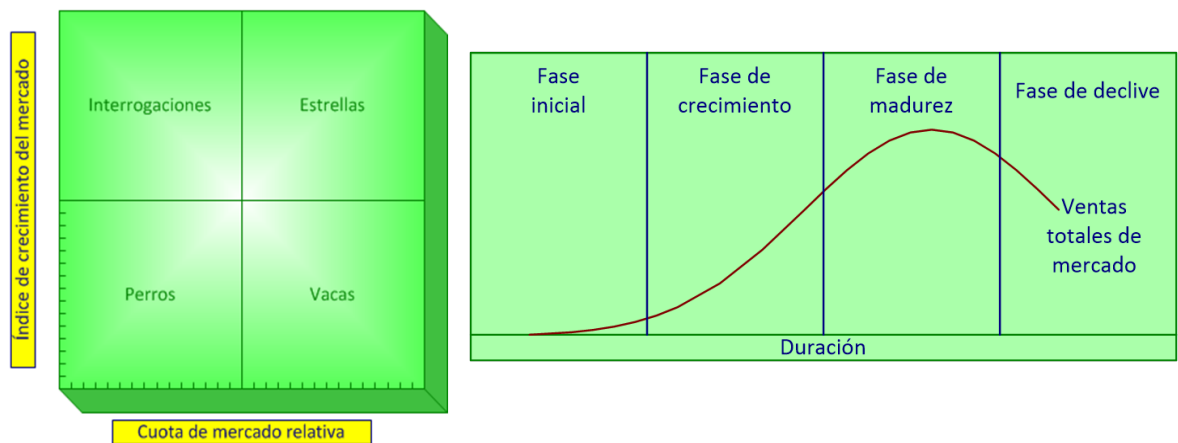


Ilustración 52. Matriz BCG y curva del producto. Fuente: Página web Mátriz BCG, Imagen

## 18.7 Diseño de planta propuesto

Realizado el estudio de tiempo y movimientos dentro de la planta se identificaron mejoras con respecto al flujo de material dentro de la planta en la cual los cuales se concentran en realizar las operaciones en los patios 2 y 3 en donde se desarrolla el proceso automatizado de bandas transportadoras para la trituración y homogenización.

El proceso de acopio será realizado en los patios más cercanos al ingreso de la unidad y las básculas de pesaje lo cual minimiza los tiempo de almacenaje y recorrido de los vehículos y así evitando desplazamientos a patios más lejanos como los patios 5, 6 y 8 mostrados en el plano.

Como mejora del proceso encontramos el balanceo del proceso en las actividades de recepción, cargue y despacho los cuales se muestran en el balanceo de actividades y tack time del diseño de Producción y Operaciones de la planta castilla

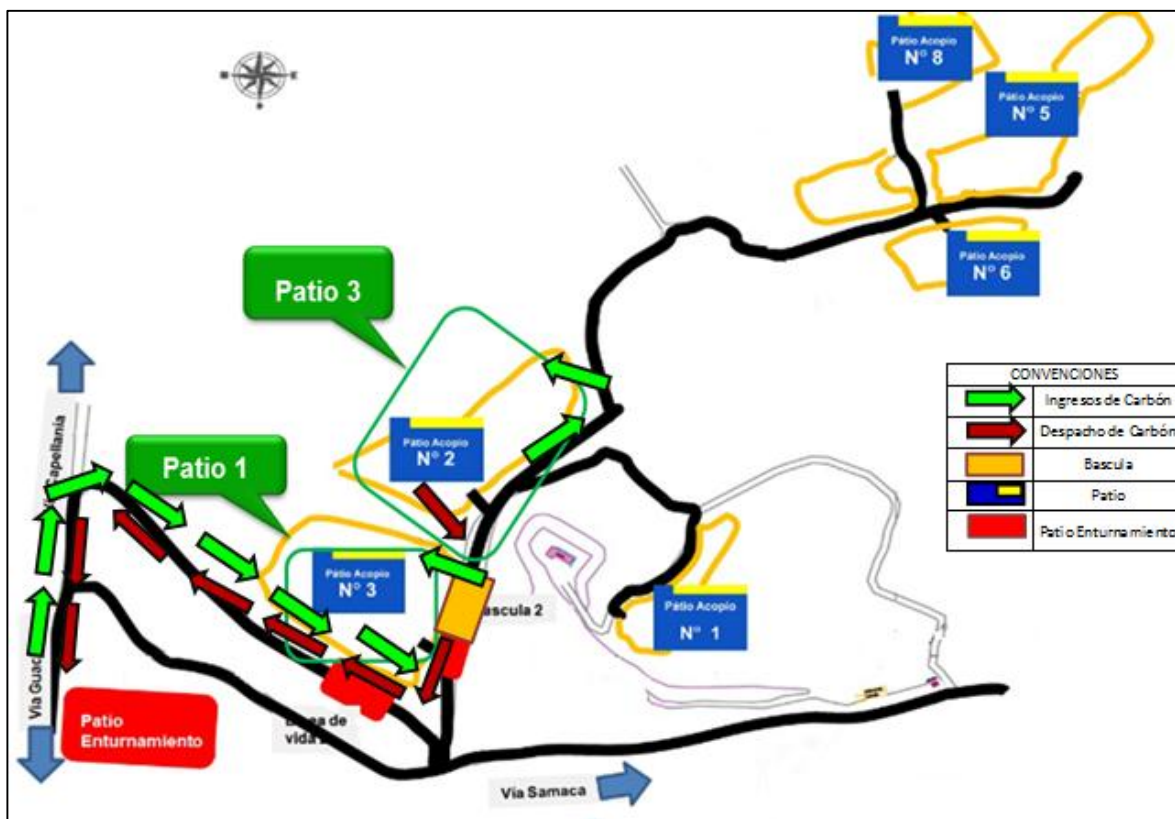


Ilustración 53. Diseño de planta propuesta. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

Recepción y acopio de carbón en los patios 2 y 3, patios cercanos a las entradas de la unidad.

Los despachos se centralizan solamente en el patio 3, reduciendo tiempos de cargue de tracto-mulas.

### 18.8 Casa de la calidad QFD

Se utiliza la herramienta de la casa de la calidad para identificar cuáles son las necesidades del cliente y clasificar la importancia de los aspectos técnicos del producto que generan valor al cliente.

Se identifica que los procesos de mayor importancia para el cliente son la granulometría del carbón y que tenga baja dispersión esto tiene bastante correlación con los proceso de aseguramiento de calidad y tecnología que garantizan que se cumpla con las características y ficha técnica del producto.

Se demuestra que es más importante que la calidad del carbón este controlada y que las cantidades y fechas de entrega del mismo se puede manejar con procesos logísticos de manejo de inventario. Con este último se identifica que la oportunidad de mejora se debe concentrar en la granulometría y Dispersión.

		<table><tr><td></td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>+</td><td></td><td>+</td><td>-</td></tr><tr><td></td><td>-</td><td></td><td>+</td></tr></table>					+	+	+	+		+	-		-		+		
	+	+	+																
+		+	-																
	-		+																
		0	↑	↑	↓														
Aspectos Técnicos  Necesidades del Cliente		Importancia	Aseguramiento de calidad	Soporte técnico	Estrategia logística	Tecnología	Interno	Externo ( Competencia)											
Granulometria del Carbón		5	9	3	1	9	4	5											
Baja dispersión		4	9	3	3	1	2	4											
Cantidad de Carbón		1	3	3	9	1	5	5											
Tiempo de Entrega		2	1	3	9	1	4	4											
Costo		3	1	3	3	1	3	5											
Importancia Técnica			89	45	53	55	18	23											

Ilustración 54. Casa de la calidad. Fuente: Herramienta office Casa de la calidad, página web

## 18.9 Ficha Técnica Tipos De Carbón Actual

Existe una caracterización de carbón de acuerdo las cenizas y contenido de materia Volátil para el acopio y formación de pilas en Planta Castilla, actualmente se tienen pilas formadas con los siguientes códigos con diferente calidad, teniendo en cuenta la homogeneización se obtendrá únicamente 1 solo tipo de carbón para despacho reduciendo la dispersión de calidad en el momento de mezclado en el puerto.

En la tabla se identifican los tipos de carbón existentes en la cordillera Oriental y que llegan a las plantas para realizar la mezcla de carbón dependiendo de sus características físicas de materia volátil y porcentaje de cenizas para la mezcla de carbón que conforma un único producto MQQ.



Ilustración 55. Ficha caracterización de carbón. Fuente: Archivos reclasificación de carbones S&OP Coquecol SA CI.

### 18.10 Ficha técnica mezcla a obtener

Con el desarrollo del diseño de producción y operaciones en la planta castilla se espera obtener un carbón con mejores características obteniendo una mezcla única mejorada que tiene especificaciones y características que como resultado de su composición mejorarían las cualidades del carbón MQQ.

En el análisis realizado anteriormente se identificaron oportunidades de mejora de las características del producto el cual está basado en mejorar los niveles de granulometría por medio de una trituration y además de la homogenización que hace que estos materiales bajen la dispersión a niveles óptimos en materia volátil y cenizas para la fabricación de acero.

En la ficha técnica se encuentran las características de la mezcla a obtener del cual se obtiene los niveles de calidad de cada una de los atributos a tener en cuenta que sirven de referencia para llevar el control de la calidad del carbón.

FICHA TÉCNICA MEZCLA DE CARBÓN TIPO CASTILLA															
MEZCLA DESTINO		MQQ			PUERTO DESTINO										
CANTIDAD (t)		14900													
				COMPOSICIÓN			ANÁLISIS PRÓXIMOS					REOLOGÍA			
2		3		4	7	17		18	25	26	27	28	29	30	31
ORIGEN		TIPO		Código	DESCRIPCIÓN	APORTE PROGRAMADO	TONELADAS	CENIZAS	MATERIA VOLÁTIL	HUMEDAD TOTAL	CARBONO FIJO	AZUFRE TOTAL	FLUIDEZ (ddpm)	FLUIDEZ (log ddpm)	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN BAJO VOLÁTIL		15112	Compras	15,80%	2354,	8,50	20,00	5,00	71,50	0,55	21,00	1,32	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN BAJO VOLÁTIL		15113	Compras	16,00%	2384,	9,80	20,50	5,00	69,70	0,65	122,00	2,09	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN BAJO VOLÁTIL		15123	Compras	25,20%	3755,	10,00	23,80	5,00	66,20	0,90	800,00	2,90	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN BAJO VOLÁTIL		15124	Compras	2,90%	432,	12,00	21,00	5,00	67,00	0,58	117,00	2,07	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN MEDIO VOLÁTIL		15132	Compras	9,70%	1445,	8,00	26,50	5,00	65,50	0,70	3.300,00	3,52	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN MEDIO VOLÁTIL		15133	Compras	27,50%	4098,	9,80	27,00	5,00	63,20	0,80	3.000,00	3,48	
PLANTA CASTILLA		CARBÓN MEDIO VOLÁTIL		15134	Compras	2,90%	432,	12,00	25,50	5,00	62,50	0,73	1.200,00	3,08	
						100,00%	14.900	9,60	23,78	5,00	66,62	0,74	526,12	2,72	

Ilustración 56. Ficha técnica propuesta producto a obtener. Fuente: Archivos S&OP Coquecol SA CI.

## 18.11 Equipos o tecnologías de manejo de materiales

Con la implementación del diseño del sistema se realiza un análisis de posibles equipos y herramientas ya utilizadas en el sector minero, las cuales hoy en la planta Castilla no tienen la capacidad o no se tienen disponibles.

Maquinaria Amarilla: Adquisición de maquinaria amarilla de mayor capacidad se propone un cargador frontal con 7 m3.



Ilustración 57. Cargador capacidad 7 m3. Fuente: Hyundai Movitrast cotización para Coquecol SA CI



Alimentadores: Adquisición de alimentadores de banda para realizar la dosificación de carbón en cada tolva, estos alimentadores garantizan la proporción correcta de alimentación por cada tipo de material, para generar la mezcla única.



Ilustración 58. Alimentador de carbón. Fuente: Fotografía Ouro Branco Brasil

Molino Triturador de Carbón: Molinos de rodillos, ajustan la granulometría del carbón según especificaciones del cliente.

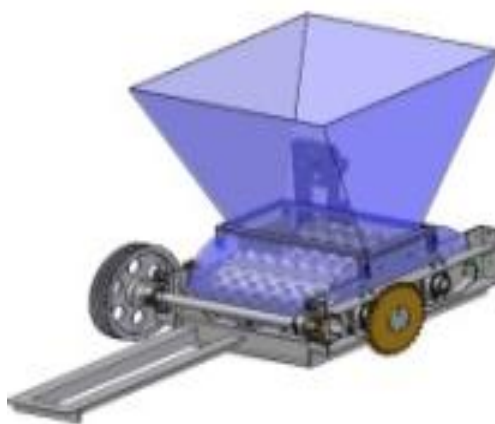


Ilustración 59. Diseño Molino de rodillos de Carbón. Fuente: Hojas de vida equipos Coquecol SA Cl.



## **Capítulo 4.**

Definir los sistemas estratégicos, lógicos y físicos para eliminar las brechas de producción y operación con el fin de implementar en el diseño Propuesto.

### **19 Diseño del sistema estratégico de producción y operaciones**

Al realizar la implementación del diseño ideal se encuentran herramientas que permiten visualizar desde varios aspectos la situación actual del negocio buscando siempre atender los clientes y lograr obtener una calidad de servicio.

MATRIZ DOFA (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades)

Esta matriz permite visualizar factores externos e internos de la empresa que ayudan sacar una foto y poder generar planes de acción de mejora y estrategias.

#### **DEBILIDADES**

- Colombia no está dentro los primeros países con mayores reservas de Carbón metalúrgico, evitando la industrialización del sector minero para la explotación
- Los yacimientos de carbón existentes son muy nuevos por consiguiente los mantos de carbón son muy delgados y fácilmente se pierden en la geografía generando altos costos de explotación y deficiencia en la implementación de tecnología en la explotación.
- Colombia no posee vías férreas para transporte de Carbón a menor costo y disponibilidad de vehículos.
- 

#### **OPORTUNIDADES**

- Pago del carbón en Dólares, debido a que el Carbón puesto en el puerto del cliente se paga en Dólares, aumentando la utilidad de la empresa.
- Desarrollo de nuevos productos competitivos con los carbones mundiales
- Contratos de desarrollo de pequeñas minas para aumento de capacidad de producción y fidelización de entrega del carbón a la empresa.
- Desarrollo de nuevos procesos que aumentan la capacidad de despachos de carbón y reducir la dispersión de calidad del Carbón siendo más competitivo.

#### **FORTALEZAS**

- Alta variación de carbones de diferentes características que se pueden conformar y sustituir cualquier carbón mundial y satisfacer el cliente.
- La empresa pertenece a una multinacional a quien se le envía el 100% del carbón
- Mejora continua de los procesos mediante evaluación de sistemas comparándonos con el benchmarking
- Sistema de seguridad total y OSHAS 18001 desarrollados en las unidades de negocio de la empresa.
- Fidelización y desarrollo de proveedores debido al cumplimiento y respaldo financiero fijo por parte de Gerdau.

#### AMENAZAS

- Dispersión de Calidad respecto el benchmarking (Peak Downs), la conformación de la mezcla actual se conforma por medio de 30 minas de diferente tipo de calidades de carbón metalúrgico con respecto el carbón benchmarking este se origina de un solo manto de explotación manteniendo la misma calidad.
- Variabilidad del precio del carbón a nivel mundial varía afectando el costo de venta del carbón colombiano debido a la logística y transporte a puerto sumándole al costo por tonelada equivalente al 42%.

#### ANÁLISIS MATRIZ DOFA

##### Estrategias FO

- Conformar y fortalecer mezclas de carbón para sustituir los carbones americanos y australianos generando mayor participación el uso de Ouro Branco.
- Realizar reutilización de equipos, infraestructura y herramientas que actualmente no se utilizan para realizar conformación de mezclas únicas desde todas las unidades bajando dispersión de calidad.
- Realizar desarrollo y contratación a largo plazo con proveedores de Carbón brindando soporte financiero y técnico a las minas de carbón.

##### Estrategias DO

- Realizar contratos a largo plazo con transportadoras fidelizadas para entregar carga hasta los puertos y garantizar cargas de retorno.
- Conformar diseños de mezclas de carbón con pequeñas cantidades de carbón con excelentes parámetros de calidad que desplacen los carbones Premium en Ouro Branco.

- Buscar alternativas de transporte y contratos con Impala o Trafigura para el transporte de carbón por el río Magdalena.

#### Estrategias FA

- Realizar proyectos para la implementación de sistemas de trituración y homogeneización de carbón en las unidades de despacho para disminuir dispersión de calidad.
- Concentrar la operación en buscar carbones Altos volátiles que a nivel mundial son mucho más costosos y que en Colombia son muy baratos y soportan costos de flete a puerto.

#### Estrategias DA

Buscar alternativas de negociación con Gerdau donde se busque no solamente entregar carbón metalúrgico si no también Carbón térmico e hierro que también se tendría posibilidad de comercializar.

### 19.1 Análisis estratégico PEST

#### POLÍTICOS

- En Colombia se está exigiendo la legalidad de la minería mediante adquisición de títulos mineros, teniendo en cuenta que la mayor parte de la minería Colombiana es ilegal.
- Las empresas exportadoras de Carbón deben demostrar la legalidad de las minas de quienes les provee el Carbón y así poder realizar la exportación.
- Ministerio de minas, Corporaciones ambientales regionales, regulan la explotación del Carbón y la sostenibilidad de los recursos naturales.

#### ECONÓMICOS

- Altos costos de explotación y difícil transporte por mal estado de vías y difícil acceso a las minas.
- Altos costos logísticos debido al costo elevado de combustibles para el transporte desde minas, patios de acopio hasta puertos.
- Tendencia económica de Colombia a la baja por inflación, cierre de minas por deudas con entidades bancarias y poco respaldo financiero en crisis actual.
- Incremento de pagos de impuestos y regalías en las zonas de altas reservas de carbón metalúrgico en Colombia.

- Variaciones climáticas empeoran las rutas de acceso para la explotación y transporte del Carbón.

## SOCIAL

- Manifestaciones sociales de gremios asociados en la cadena logística para la exportación de Carbón, impidiendo el desarrollo de la cadena de abastecimiento y suministro (Paro de transporte, paro minero, paro de maestros)
- Cambios de cultura con la generación de empleo capacitaciones, entrenamientos y beneficios sociales para el bienestar de la región.
- Poco personal calificado en las zonas para el desarrollo de la actividad minera.

## TECNOLÓGICO

- Demoras en el desarrollo de alternativas de transporte de Carbón al puerto, ejemplo vías férreas y puesta a punto del río Magdalena.
- Desarrollo de la pequeña minería mediante instalación de mecanismos y métodos de explotación más seguros y productivos.
- Desarrollo de sistemas de planeación y comunicaciones alineados con la demanda del cliente.

## 19.2 Análisis de Segmentos Estratégicos- Propuestas De Valor

Con el diseño de producción y operaciones se realiza una división por pilares en los procesos de la planta Castilla, quedando los 4 pilares que se muestran en la siguiente ilustración.

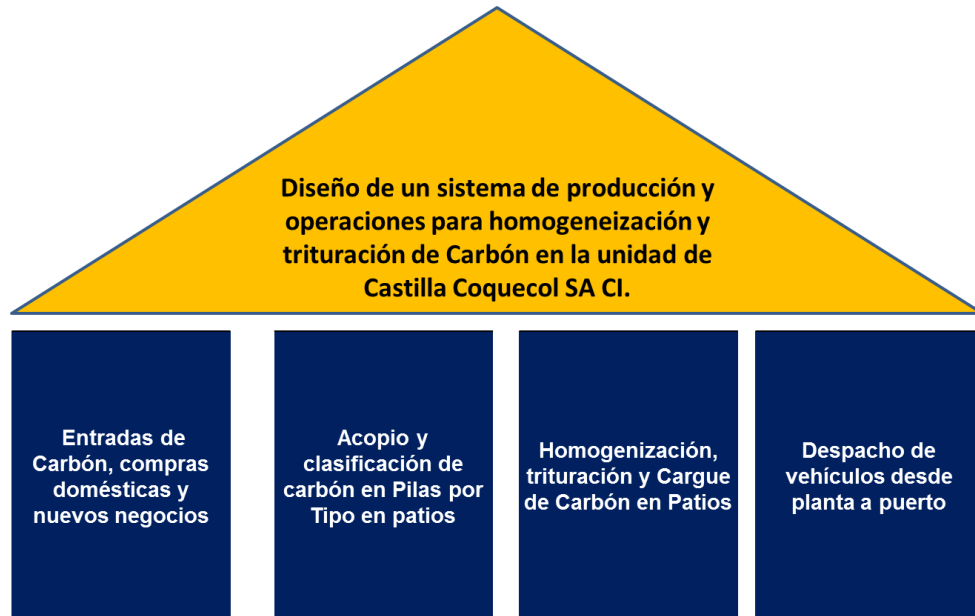


Ilustración 60. Pilares de Segmentos Estratégicos. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

Se realiza análisis de cada etapa de proceso un valor agregado por línea de producción, buscando atender las necesidades de clientes internos y externos. El diseño del sistema de producción y operaciones va enfocado al pilar número 3, en el cual se pretende cambiar el cargue de carbón por tipo si no que se realice una preparación del carbón en cuanto granulometría y se realice la mezcla de varios tipos de carbón.

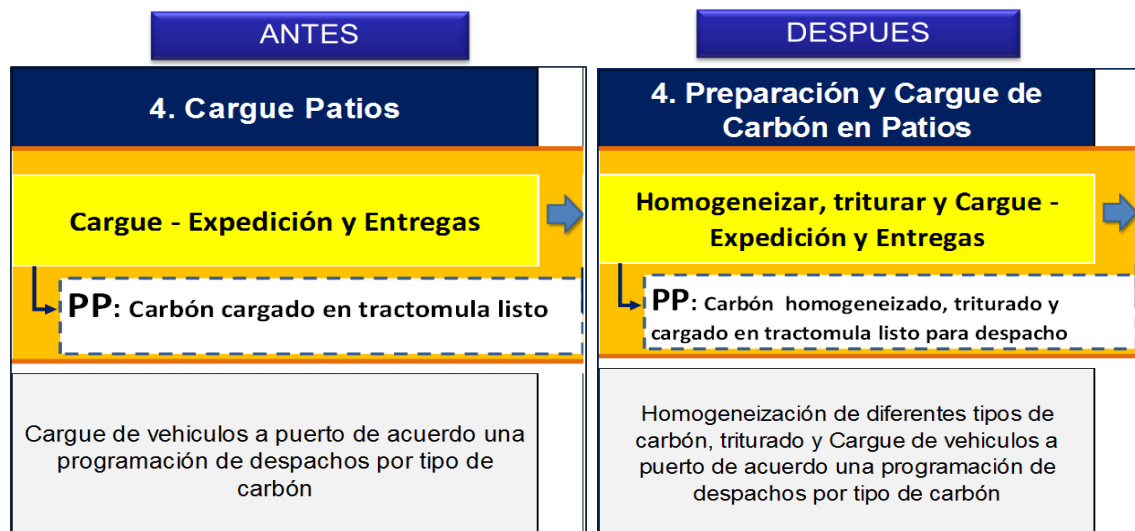


Ilustración 61. Propuesta de valor etapa de proceso. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna.

Se propone una mezcla de varios tipos de Carbón mediante un circuito de túnel, tolvas, alimentadores, bandas transportadoras, molinos de rodillos, homogeneizador y puntos de cargue.

Propuesta: Reducir el tiempo de cargue promedio por vehículo de 18 min a 12 min promedio y cumplir con las especificaciones de calidad con el tamaño del carbón y el despacho de una mezcla tipo de carbón desde la planta disminuyendo dispersión de calidad en la conformación de la carga en el puerto

### 19.3 Objetivos específicos del sistema de producción y operaciones

Tabla 9. Segmentos y Objetivos estratégicos. Fuente: Creado Orlando Pongutá y John Luna.

SEGMENTO	SEGMENTO 1	SEGMENTO 2	SEGMENTO 3	SEGMENTO 4
	Entradas de Carbón, Compras domésticas y nuevos negocios	Acópio y clasificación de Carbón en pilas por tipo en patios	Homogeneización, trituración y cargue de carbón en patios	Despacho de vehículos desde planta a puerto
OBJETIVO ESTRATÉGICO	Suministrar el carbón explotado desde las minas hacia los patios	Recibir y acopiar los tipos de carbón por sus características generando un inventario clasificado por tipo de carbón.	Reducir la dispersión de calidad basada en un Diseño de un sistema de alimentación de los diferentes tipos de carbón para el cargue de vehículos con mezcla única de Carbón homogenizado y triturado.	Despachar vehículos cargados de Carbón hacia los puertos

### Estrategias de producción

Tabla 10. Objetivos, indicador y estrategias

OBJETIVOS	INDICADOR OBJETIVO	ESTRATEGIAS
Suministrar el carbón explotado desde las minas hacia los patios de acopio.	% Cumplimiento compras de Carbón (Toneladas)	1-Fidelización y desarrollo de proveedores de carbón.
	CC:TI/TP*100	2- Desarrollo tecnológico en la infraestructura de minas propias y terceras.
Recibir y acopiar los tipos de carbón por sus características generando un inventario clasificado por tipo para realizar la composición de la mezcla requerida por el cliente.	Ajuste por Agotamiento pilas de Carbón(%)	1- Rotación de inventario por sistema FIFO.
	AGPC:CS/CM*100	2- Reclasificación de carbón por tipo y características propias
Reducir la dispersión de calidad basada en un Diseño de un sistema de alimentación de los diferentes tipos de carbón para el cargue de vehículos con mezcla única de Carbón homogenizado y triturado.	% Desvío de las proporciones de Mezcla en el transporte a puerto	1- Desarrollo y diseño de mezcla única desde planta castilla.( Mejoramiento de sistema productivo y mezclas).
	DPM:TD/TP*100	2-Aumento de capacidad de despacho de tracto mulas.
Despachar vehículos cargados de Carbón hacia los puertos	% Cumplimiento despachos de Carbón a puerto por tracto-mulas	•1- Desarrollo de vías de fácil acceso a puertos en Costa atlántica , fidelización de transportadoras y ampliación de la transportadora propia.
	CUM:NVH/PVH*100	•2- Desarrollo de Puerto propio en Barranquilla.

## 19.4 Decisiones

Tabla 11. Decisiones estratégicas y tácticas. Fuente: Creación Orlando Pongutá John Luna

TIPO DE DECISIONES	DECISIONES ESTRATÉGICAS	DECISIONES TÁCTICAS
PROCESO	1. Mecanización de minas propias y de terceros. 2. Manejos contables mediante depreciación de activos. 3. Limpieza de Carbón mediante equipos de lavado para apalancar volúmenes de compra.	1.1. Apoyo y soporte técnico a proveedores 2.1 Reutilización de activos inoperativos para proyectos (Molinos, Tolvas, Bandas transportadoras). 3.1 Limpieza de carbón para incrementar inventarios útiles para los despachos.
CAPACIDAD	1.Compras de patios estratégicos en la zona para recepción de carbón limpio. 2.Implementación modelo de interventoría y operación tercerizada.	1.Ajuste de capacidad de despachos para la operación de 7 am a 5 pm cumpliendo con los despachos programados. 2.Contratista maneja la operación reduciendo costos fijos por Variables, mediante outsourcing.
INVENTARIOS	1. Stock de seguridad en puerto por eventos imprevistos(Movimientos sociales, cierre de vías). 2. Modificación de ficha técnica afectando los volúmenes de conformación de mezclas en la planta.	1.Capacidad de almacenamiento 149.000 t de carbón 2.Ingresos de carbón mensuales de 22000 t y despachos de 22000 t.
TALENTO HUMANO	1. Plan de desarrollo de carrera para todos los niveles de la empresa. 2. Plan de incentivos de acuerdo EBITDA y alcance de metas por proceso	1.Clima organizacional 2.Capacitaciones y entrenamientos. 3.Modelo de operación 4pl
CALIDAD	1.Proyectos de aseguramiento de calidad con desdoblamiento de indicadores por proceso. 2.Sistema integrado de gestión	1.Certificación de los procesos 2.Capacitaciones técnicas en la caracterización y propiedades del Carbón, soporte técnico al cliente.
INNOVACION	1. Implementación diseños de sistemas de homogenización y triturado en todos los patios o puertos.	1. Priorización desarrollo de sistemas para bajar dispersión en plantas de mayor despacho a puerto.
TECNOLOGIA	1. Adquisición de equipos para homogeneización y triturado de carbón.	1. Parametrización de equipos, entrenamiento y reubicación de personal.



## 19.5 Procesos de Innovación y vigilancia tecnológica

- Ministerio de minas y energía, es la entidad encargada de administrar los recursos naturales del país.
- DIAN Garantiza la seguridad fiscal del estado en Colombia
- CAR Hacer cumplir las políticas y planes ambientales definidos por la ley así como los del orden regional.
- Comercio exterior, coordina las políticas generales en materia de desarrollo económico y social del país.

## 19.6 Sistema lógico de Producción y Operaciones

### Metodología De Producción

Las metodologías utilizadas en el sistema de producción y Operaciones son de gran importancia en el desarrollo de las mejoras del proceso estas son utilizados como base del sistema para la medición, analizar y controlar las actividades.

El sistema lógico está basado en varias herramientas que facilitan el control y análisis en la identificación de mejoras en los procesos claves que generan valor en la cadena de suministros.

Las herramientas que se utilizaron para la ejecución del sistema de producción y Operación para la trituración y homogenización son:

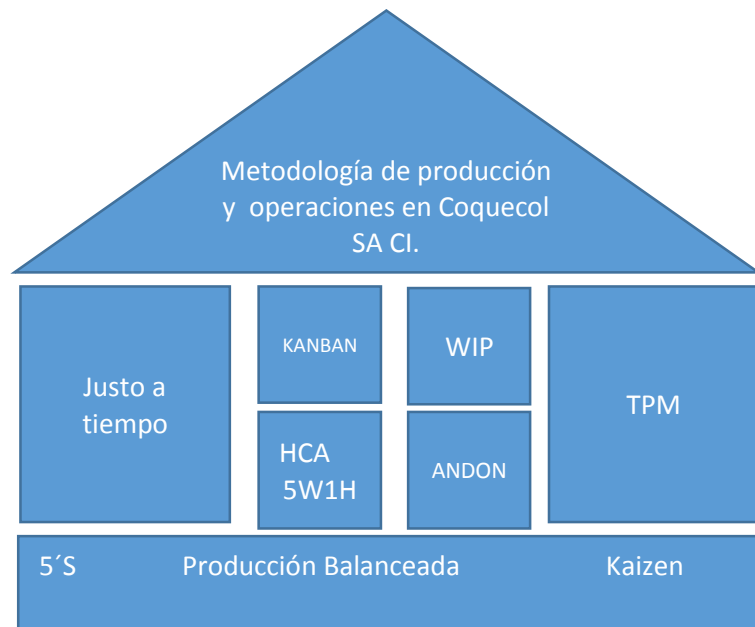


Ilustración 62. Metodologías de gestión. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

Los pilares del proceso de producción están basados en la mejora continua realizando desarrollo con metodología Kaizen que ayuda a analizar los procesos y mejorar los estándares de calidad, velocidad de los procesos y en general la efectividad de las actividades operacionales.

5`S: Es base importante del control de producción para garantizar la estandarización de los procesos y mantener el orden y la limpieza de los procesos productivos. En las operaciones es importante tener las operaciones balanceadas para que todas las actividades estén con un flujo continuo y no tener paros operaciones entre las actividades logísticas.

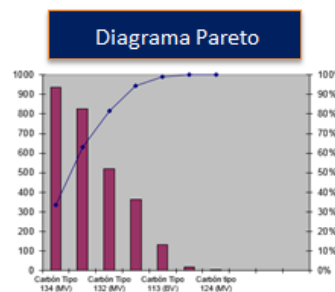
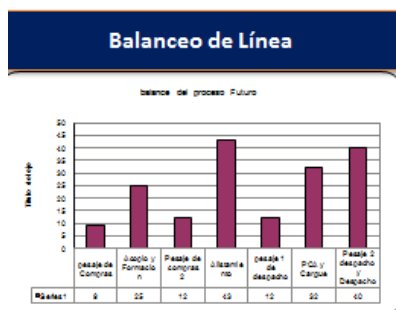
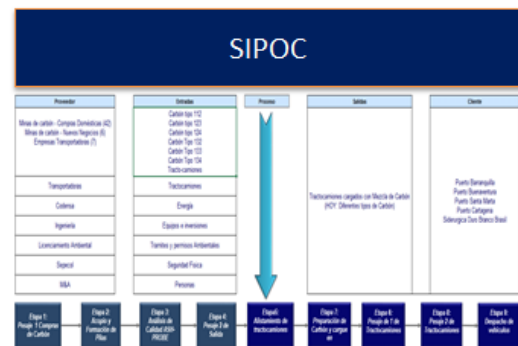
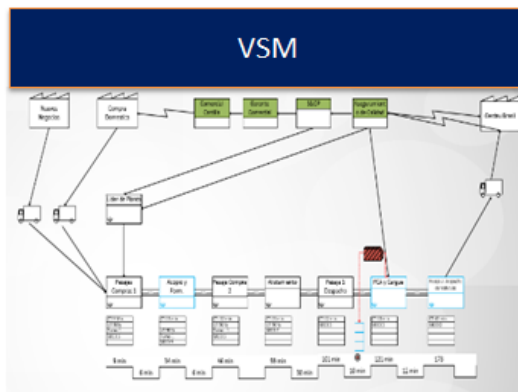
JUSTO A TIEMPO: Metodología Utilizada Justo a Tiempo para el cargue y envío de Carbón Metalúrgico con el material necesario en el momento solicitado al cliente.

El manejo de los recursos y los espacios físicos es muy importante para la planeación de recursos como materiales, espacios y tiempo. Estos recursos son importantes para el cumplimiento de las especificaciones y entregas de material al cliente.

Se utilizan varias metodologías de justo a Tiempo para el cumplir con el plan logístico de Exportación de carbón como.

- Minimizar Stock
- Metodología TPM
- Redes de Proveedores
- Kanban

Otras filosofías utilizadas en diseño de Producción las cuales fueron detalladas en el diagnóstico y diseño final.



## 19.7 Integración de la cadena Logística

El sistema logístico de Coquecol SA CI es base fundamental de la organización ya que representa el 40 % de los costo de producción y tiene que ser controlados de manera efectiva para no generar sobre costo y sobre todo demoras en los proceso internos y externo de la organización.

Actualmente se cuenta con un sistema de planificación de recursos ERP el cual se encarga de administrar todos los procesos que integran la cadena logística como:

**GESTIÓN COMERCIAL:** El objetivo es controla el sistema de Gestión de Pedidos, facturación cartera y cliente que permite optimizar información de los bienes y servicios generados por la compañía.

**GESTIÓN ADMINISTRATIVA:** Se utiliza para realizar la planeación de compras, inventarios. Facilita el control de los activos fijos el manejo y flujo de las materias primas para el óptimo desarrollo de la cadena de Abastecimiento facilitando los procesos y actividades de la Organización.

**GESTIÓN FINANCIERA:** Contrala el flujo de caja de la compañía como los proceso contables de pago a proveedores, es el encargo de optimizar los recursos para

minimizar los gastos y presupuesto de inversión a corto y largo plazo de la compañía.

**GESTIÓN GENERAL:** Su objetivo es controlar la seguridad administrativa el controla los documentos, formularios y procesos y alerta las operaciones que tiene oportunidades de mejora.

El S&OP es encarga de manejar la logística de la empresa la cual se divide 5 actividades para el flujo de la cadena de Abastecimiento desde la planeación de ingreso de materiales hasta el despacho en puerto.

**ABASTECIMIENTO:** Se realiza la planeación de materiales basado en el pronóstico de venta el cual se realiza la planeación de ingreso de materias primas con la logística de entrada desde los proveedores propios y terceros que abastecen los patios de la planta.

**LOGÍSTICA DE ACOPIO:** Se encarga del ingreso de Carbón el cual contempla realizar las actividades de recibo, pesaje y acopio de carbón Caracterizado en los patios de planta castilla.

El acopio de mercancía es necesario tener un buen control de inventarios para realizar el ingreso de carbón ya que de esto depende el manejo de la exactitud del control de inventario y la capacidad de la planta en temas de recepción y salida de Carbón MQQ.

**LOGÍSTICA DE DESPACHO:** Se encarga del alistamiento y cargue de carbón triturado y homogenizado para despacho a puerto para este proceso es necesario tener maquinaria para el cargue (Maquinaria Amarilla), el proceso de cargue debe contemplar las especificaciones técnicas del producto en niveles de materia volátil y cenizas que certifiquen las condiciones de calidad desde el proceso.

**LOGÍSTICA DE PUERTOS:** Es la cadena logística encargada de realizar la producción y cargue de mercancía para la mezcla de carbón en puerto que se encarga del transporte desde Colombia a Brasil por el Océano Atlántico. El proceso garantiza el transporte, flexibilidad y seguridad de la mercancía para conservar las características del carbón en el recorrido.

Para este proceso es necesario contar con maquinaria de cargue especializado de carbón que facilite el proceso y estándares de calidad para el desarrollo de la operación portuaria.

**CALIDAD:** La calidad esta cada uno de los procesos logísticos la cual interviene en las decisiones desde el ingreso de materiales primas de proveedores y acopio de

materiales. Es la encargada de la caracterización del carbón para identificar sus propiedades y características que son la base de la realización de mezcla para la generación de carbón MQQ.

En los proceso de cargue en planta y puerto estandariza los proceso de cargue en vehículos y Buques garantizando los estándares de calidad permitidos en el proceso.

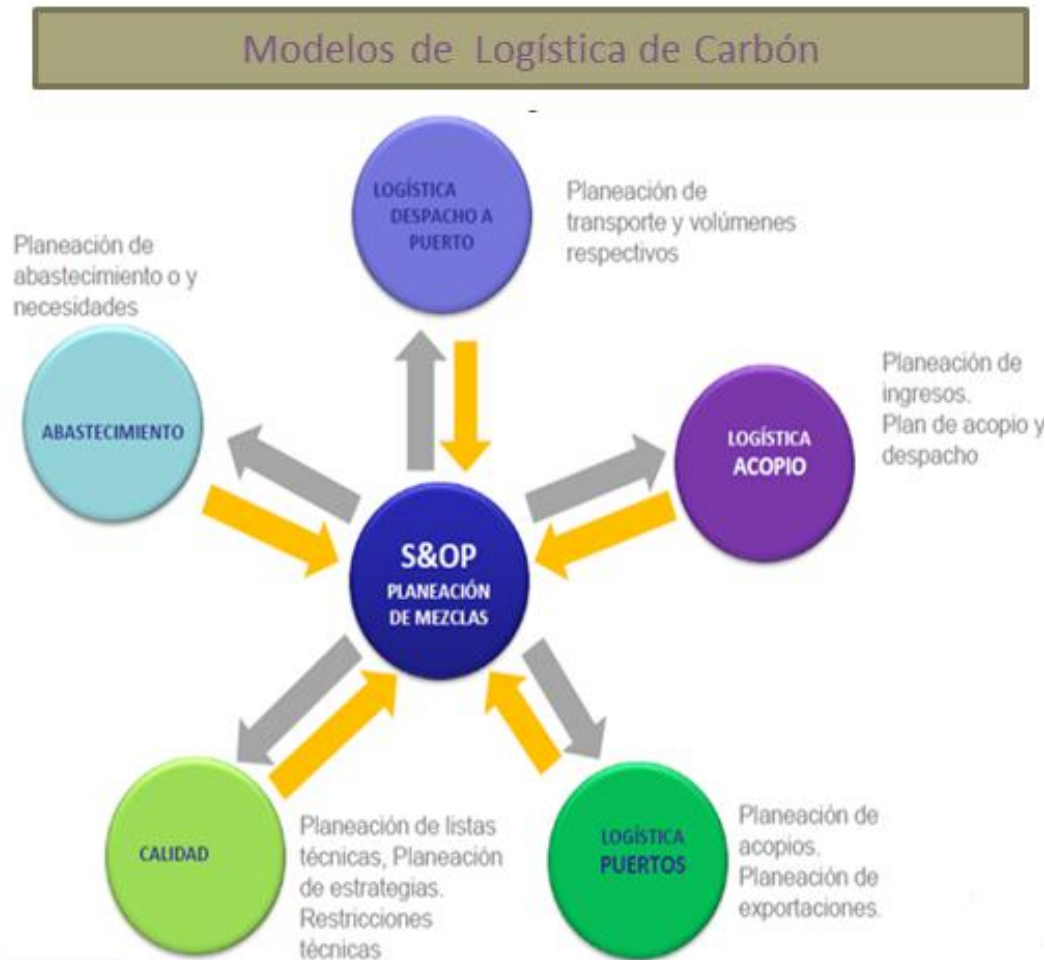


Ilustración 63. Integración de procesos Coquecol SA CI. Fuente: Presentación S&OP.

## 19.8 Modelo De Control De Inventarios

Modelo que se utiliza esta la proyección PEX el cual se calcula 1 año antes de la ejecución y se realiza bajo pedido, mes a mes se realiza seguimiento del pedido por medio del rolling forecast.

Estos modelos se utilizan para llevar el control de los inventarios por medio de pronósticos que facilitan la realización de aprovisionamientos en las planta de producción ya que los pedidos se realizan bajo pedido se debe tener control de los ingresos y salidas de material para no afectar la entrega Ouro Branco.

El modelo de inventarios de Coquecol SA CI tiene como objetivo mantener la exactitud del mismo ya que este es el activo más importante de la organización para no perder el material y mantener los costos de almacenamiento y fabricación de mezclas controlados por medio del sistema lógico ERP

### 19.9 Diseño del Sistema Físico de Producción y Operaciones

En Colombia existen tres departamentos en los cuales se sitúan las plantas, minas y patios de acopio de Carbón de Coquecol SA CI, La Planta Castilla se encuentra situada a 2 Kilómetros del municipio de Guacheta Cundinamarca con una extensión de 52 hectáreas, está conformada por 6 patios de almacenamiento de carbón y una capacidad de acopio de 149 mil toneladas.



Ilustración 64. Ubicación reservas carbón metalúrgico. Fuente: Presentación carbones externos

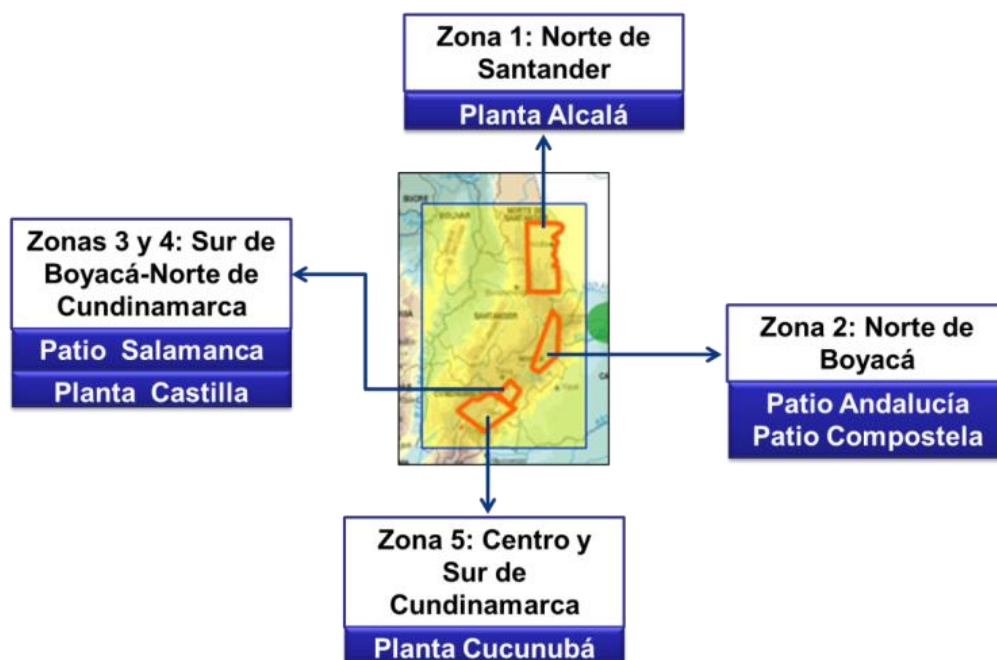


Ilustración 65. Ubicación reservas carbón metalúrgico. Fuente: Presentación carbones externos

## 19.10 Diseño De Planta Actual

Actualmente se recibe carbón en 6 patios distanciados dentro de la unidad Castilla, y en cada patio se despacha por tipo de carbón, la capacidad de almacenamiento de toda la unidad es de 149 mil toneladas.

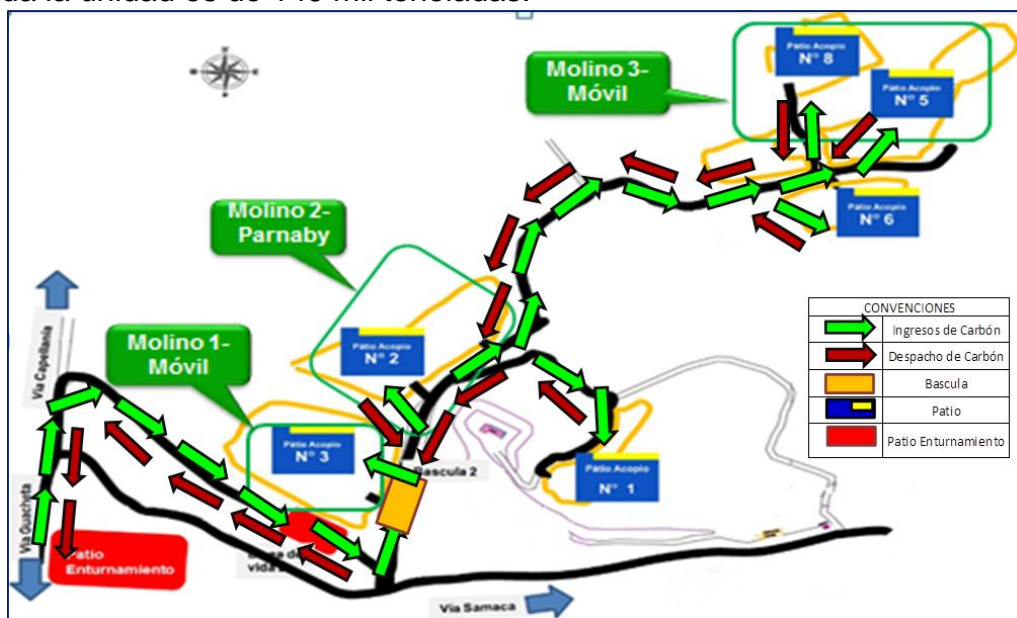


Ilustración 66. Diseño y recorrido actual. Fuente: Presentación de planta



### 19.11 Diseño de Planta propuesto recorrido

Con el diseño del proyecto se centraría la recepción y acopio en los patios 2 y 3 de la unidad, lo cual disminuye el tiempo de traslado del carbón para ser acopiado desde la báscula hasta estos dos patios, los cuales son los más cercanos y así se disminuye el tack time de compras y centralización de la operación.

Para el cargue de los vehículos se realizará en el patio 3 donde se tendrá un solo punto de cargue y un sistema de transporte mediante bandas transportadoras, túnel, tolvas y molinos garantizando la calidad de la mezcla que se envía a puerto.

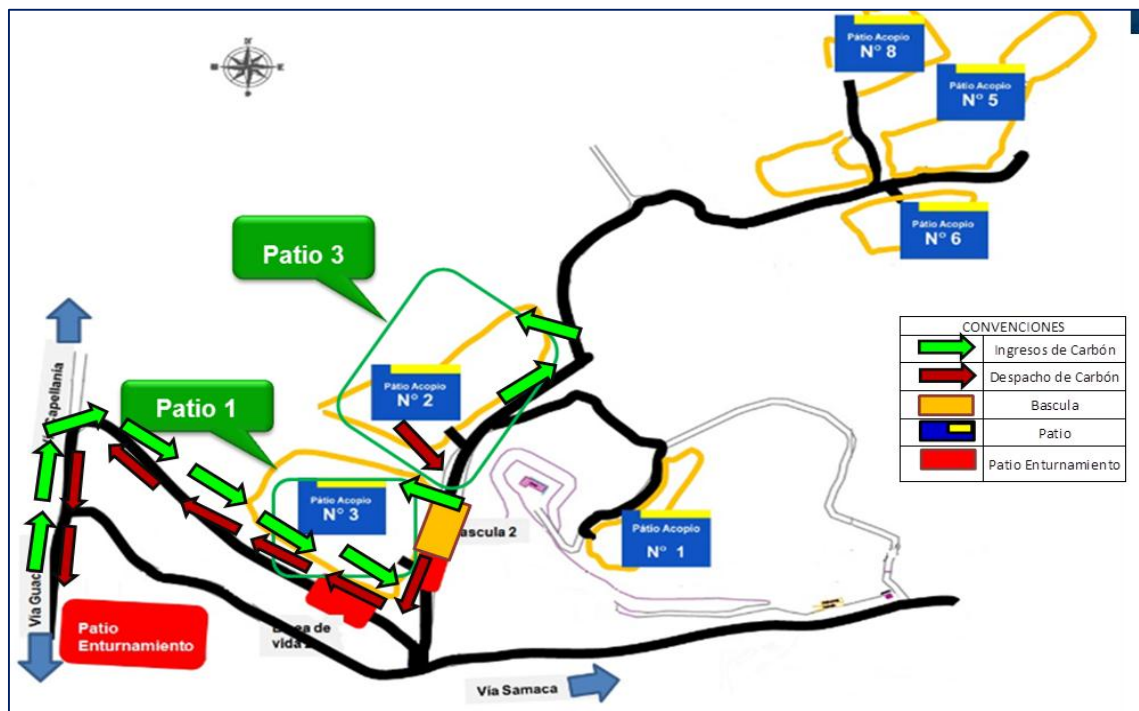


Ilustración 67. Diseño de planta Castilla Propuesto. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

### 19.12 Tack Time Mejorado

A continuación se muestra el tiempo que se obtendrá como resultado al realizar la centralización de la operación en estos patios, pasaríamos de un tack time de 221 min a 173 min.



Tabla 12. Tack Time proceso actual vs propuesto. Fuente: Creación Orlando Pongutá y John Luna

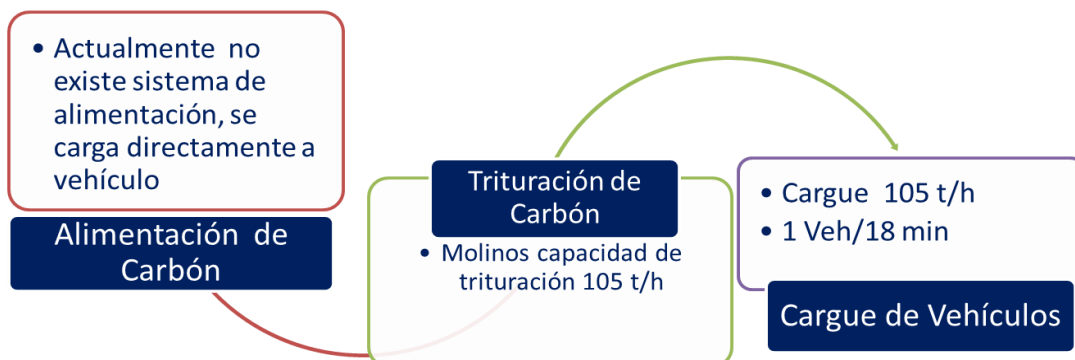
TACK TIME			
Process	Description	Time actual	Time Futuro
1	Pesaje de compras	9	9
2	Acopio y formacion	32	25
3	Pesaje de compras 2	12	12
4	Alistamiento	43	43
5	Pesaje de despacho 1	12	12
6	PCA y cargue	45	32
7	Pesaje de despacho 2	12	12
8	Despacho Vehiculo	56	28
		221	173

Se evidencia que en el proceso de preparación y cargue pasamos de 45 min promedio a 32 min realizando toda la operación de cargue desde que sale el vehículo pesado en vacío, transitando hasta el patio, estacionamiento para cargue, cargue del vehículo y transporte de vehículo cargado hasta bascula.

El tiempo de cargue actual corresponde a 18 min, al incrementar la capacidad de cargue mediante el circuito de bandas transportadoras desde dos patios logramos disminuir 6 min por cada vehículo.

### 19.13 Análisis de capacidades actual y propuesto

Actualmente la capacidad de cargue es equivalente a 105 ton/h, existe en cada patio un equipo de trituración móvil el cual es trasladado de acuerdo la necesidad del tipo de carbón a despachar, este equipo es considerado como el recurso restrictivo de capacidad actualmente.



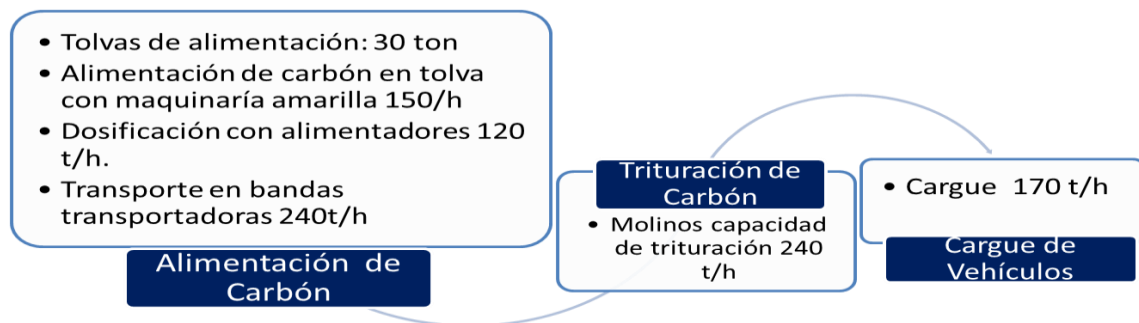


Ilustración 68. Capacidad por etapa de proceso actual y propuesto

Se genera un valor agregado a cada etapa de proceso, en la alimentación podemos adicionar diferentes tipos de carbón, con la trituración de carbón se ajusta el tamaño del carbón que requiere el cliente y en el cargue se disminuye el tiempo y permanencia de vehículos en la unidad.

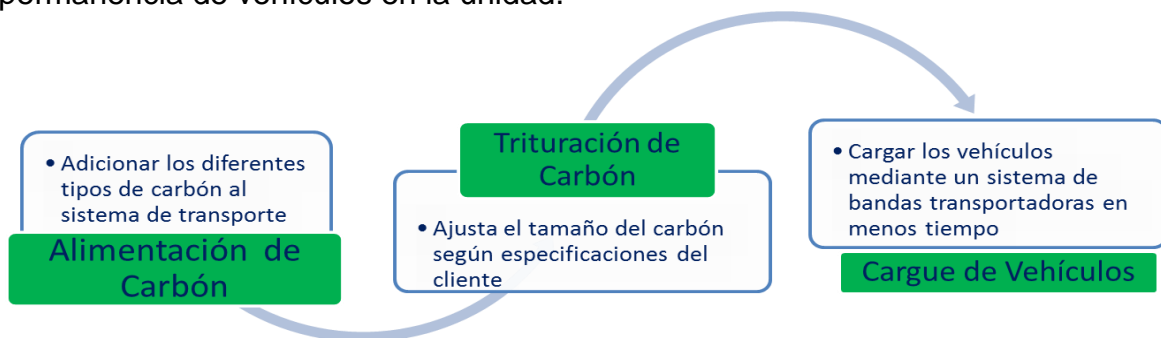


Ilustración 69. Cadena de valor por etapa de proceso

## Capítulo 5.

Plantear un plan de verificación mediante controles de calidad e inspección del comportamiento en la dispersión de calidad de la mezcla homogenizada y triturada.

### **20 Control de procesos de Producción**

Con el diseño propuesto de realizar una mezcla de carbón de diferentes tipos de carbón se deben seguir varios procedimientos y estándares que garanticen la calidad del producto a obtener generando baja dispersión en la conformación de la mezcla.

Existen varias actividades en el proceso que se consideran críticas las cuales se implementaran acciones que controlen el desarrollo del diseño.

**Muestreo De Tipos De Carbón Unitario Y Análisis De Laboratorio:** Se debe realizar la toma de muestreo físico de cada tipo de carbón alimentado, dicho muestreo se realizará en cada tolva en el cual se revisará el comportamiento de las pilas de carbón durante el consumo, posteriormente se enviaran estas muestras al laboratorio para determinar cenizas y materia volátil, identificando la calidad de la mezcla obtenida.

**Muestreo De Carbón En Vehículo De Despacho:** Se debe realizar el muestreo a cada vehículo que se vaya despachar a puerto garantizando obtener datos de calidad del laboratorio y donde se demuestre que se está enviando un solo tipo de carbón homogenizado desde planta Castilla.

**Control De Granulometría:** Se deben tomar 25 kg de muestra en un punto después del molino, esto con el fin de realizar un análisis granulométrico el cual consiste en pasar el 100% de la muestra por una malla de 50mm\* 50mm de cada orificio, obteniendo una cantidad sobre esta no superior al 2% > 50mm.

**Inspección Constante Flujo De Cargue:** Se debe realizar un seguimiento de los posibles elementos contaminantes como basura, plástico, madera en el punto de cargue de los tracto camiones mediante el retiro oportuno y registro de desviaciones de calidad que afectan el proceso, la persona responsable de contrarrestar estas desviaciones es el operador de molinos y bandas de cargue.

**Calibración De Alimentadores Dosificadores De Carbón:** Se debe realizar una calibración diaria para controlar y garantizar las proporciones establecidas en la ficha técnica de la mezcla a obtener, registrando la información en el formato registro calibración de alimentadores que llevará el operador del túnel.

A continuación se muestra procedimiento de cómo realizar la calibración de los alimentadores.








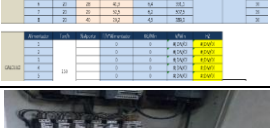

ESTANDAR OPERACIONAL CALIBRACION ALIMENTADORES			
Tarea - Proceso		Almacenamiento en patio	
Objetivo		Definir el Procedimiento para realizar la calibracion de alimentadores en circuito de mezcla	
Personal Requerido para la Tarea		Certificación y Entrenamiento Requerida	
- Operario túnel - Supervisor de patio		- Operario CCM  Riesgo crítico espacios confinados Riesgo Crítico Energías peligrosas	
EPP (Elementos de Protección Personal)		Equipos y Herramientas	
N°	Actividad	Registro Fotográfico	Descripción detallada
1	Programar variadores a una misma frecuencia		De acuerdo al tipo de variador, consultar manual y modificar frecuencias en el variador.
2	Encender bandas		Accionar elementos del circuito según secuencia operacional. (remitirse a estándar operación túnel)
3	Encender el alimentador a calibrar.		Coordinar con operador de túnel y accionar pulsador de marcha del alimentador, verificar visualmente que la frecuencia llegue al valor ajustado inicialmente.
4	Contar 3 descargas visualmente y activar la parada de emergencia de guaya.		El operario se ubica diagonal a la ventanilla del alimentador para identificar tres descargas, una vez realizadas acciona la parada de emergencia para detener el circuito.
5	Contar descargas.		Se realiza el conteo visualmente al número de vueltas que da la excéntrica durante un minuto y se registran datos en planilla.
6	Recolección de material.		Tomar la pala y recolectar el material que haya quedado sobre la banda producto de tres descargas y depositar en bolsa plástica..
7	Pesar el material recolectado.		Verifique que la balanza se encuentra en 0. Tome las bolsas con el material recolectado, peselas y registre la información en la planilla.
9	Repetir pasos del 2 al 8 por cada alimentador		
10	Calculos		Con los datos registrados realizar calculos para determinar cantidad de material descargado x hora y realizar analisis aritmetico para determinar variables de frecuencia.
12	Ajuste de variadores		Ajustar variadores de acuerdo a porcentajes de mezcla requeridos y basados en calculos obtenidos en el paso anterior.

Ilustración 70. Procedimiento Calibración de alimentadores para homogeneización. Fuente: Tecnología de gestión procedimientos.

## 20.1 Indicadores

Control de inventarios diarios respecto los despachos de los vehículos hacia puerto con la mezcla de carbón.

Unidad: Toneladas

Formula: Toneladas despachadas a puerto \* Día.

Control de inventarios mediante la recepción de carbón en la planta Castilla, corresponde al carbón que ingresa de las minas domésticas y nuevos negocios.

Unidad: Toneladas

Formula: Toneladas recibidas en la planta \* Día

Tiempo permanencia de vehículos (TPV), Consiste en el tiempo en que un vehículo demora en los patios.

Unidad: Minutos

Formula: Tiempo total de cargue de los vehículos/N° Vehículos despachados día.

Ajustes físicos por agotamiento de inventario en pilas, Garantizar el buen manejo de los inventarios dentro de la unidad evitando al máximo sobrantes o faltantes por cada tipo de material, no debe existir un desvío mayor al 1,5% del total de la pila acopiada \* 100

Unidad: Porcentaje (%)

Formula: Toneladas de carbón faltantes o sobrantes de una pila / Toneladas máximas acopiadas en la pila en el momento del cierre.

Granulometría del Carbón, corresponde al análisis físico que se realiza al pasar por una malla de 50 mm 25 kg de carbón, el 100% del carbón debe pasar el tamiz de la malla.

Unidad: Porcentaje (%)

Formula: Cantidad de carbón transferido por la malla de 50 mm/ total de carbón \* 100.

## 20.2 Plan de acción de control y verificación

PLAN DE ACCIÓN - 5W1H			
QUE	QUIEN	FRECUENCIA	COMO
		FIN	
Señalizar pilas de acuerdo los tipos de Carbón almacenados en cada Patio	Ingeniero de Proceso	Diario	Diseñando letreros mostrando las características de cada pila formada y su nomenclatura asignada. Adquiriendo señalización. Instalación de señalización en cada pila.
Realizar levantamientos físicos de inventarios en las pilas	Lider de Unidad	Cada 6 meses	Realizando contratación de actividades de muestreo físico para humedad, equipo de topografía y equipo de análisis de densidades. Realizar actividades pila por pila. Realizar informe de ajustes comparando las cantidades almacenadas y alimentadas por el sistema contra el registro en el ERP.
Generar plan de mantenimiento para el nuevo sistema de homogeneización y triturado	Ingeniero de mantenimiento	25 Días despues de la puesta a punto	Incluir en el sistema de planeación los equipos del nuevo sistema, alineando listado maestro de equipos y repuestos críticos y plan de mantenimiento preventivo ycorrectivo de los equipos del sistema.
Generar rutina de inspección para garantizar apertura de rodillos	Ingeniero de Proceso	Diario	Realizar lista de chequeo y procedimiento de medición de la apertura de los rodillos antes de iniciar triturado, garantizando el tamaño del grano establecido por el cliente.
Generar plan de muestreo antes y despues de los molinos	Ingeniero de Calidad	Diario	Generar plan de muestreo por parte del laboratorio. Realizar el muestreo por turno para los análisis de Granulometría y cenizas para constatar especificaciones deseadas.
Realizar auditoria de estandares por parte del liderazgo	Lideres de la Unidad	Mensual	Generar cronograma de auditoria de estandares Realizar plan de acción de las mejoras encontradas durante la auditoria Modificar estandar( Calibración de alimentadores).
Realizar cronograma de verificación y mantenimiento de los alimentadores	Ingeniero de Proceso	Diario	Generar lista de chequeo pre-operacional Realizar inspecciones de la operación de los alimentadores y dosificadores del carbón, garantizando las proporciones de homogeneización.
Realizar y ejecutar matriz de capacitación para el personal involucrado para el proceso	Ingeniero de Proceso	Trimestral	Realizar análisis de necesidades de conocimientos y habilidades para las personas que trabajaran en el sistema. Programar capacitaciones y ejecutar.

Ilustración 71. Plan de acción actividades de control y verificación del sistema de producción y operaciones de homogeneización y trituración de Carbón.

## Capítulo 6.

### 21. Conclusiones

1. Se puede concluir que las variedades de carbón que existen en el mundo tienen gran variedad y las propiedades de cada uno son diferentes para utilización de las siderúrgicas, de lo cual podemos destacar que en comparación del carbón Benchmark se tiene variaciones altas en niveles de calidad y dispersión.

Es importante destacar que el desarrollo de infraestructura vial es una causal importante en la logística del negocio ya que actualmente Colombia tiene subdesarrollo importante en comparación de las grandes naciones que tienen sistemas de transporte para este tipo de materiales ya consolidada por vías férreas o fluviales que permiten bajar los costos logísticos y tiempo en desplazamiento de Carbón.

2. Se logra identificar en el diagnóstico del proceso actual que existen oportunidades de mejora en los tiempos y movimientos dentro de la planta de producción en el cual los recorridos de acopio y de alistamiento son altos por las distancias recorridas dentro de los patios de castilla.

Las mezclas son rudimentarias ya que se utilizan molinos que se desplazan dentro de los patios para realizar la trituration del carbón y utilización de volquetas para la generación de pilas lo cual dificulta la generación de la mezcla MQQ.

Se evidencia desbalanceo de las Operaciones desde el ingreso de materias primas hasta el cargue de vehículo a puerto. En el balanceo de proceso se puede evidenciar las oportunidades de mejora presentes en el proceso en el cual se identifica que el proceso de PCA y Cargue es el más crítico.

3. Se puede concluir que el sistema de alimentadores automatizado es la solución más óptima para este problema ya que se obtiene resultados eficientes en bajando los tiempos de despacho de materiales en 21 % con respecto al proceso actual y se tiene gran facilidad para el manejo de los diferentes carbones para realizar la mezcla para la generación del carbón MQQ.

El cambio de Lay Out es necesario para el proceso ya que centraliza las Operaciones en 2 patios los cuales estratégicamente están Ubicados en la entrada de la planta para bajar los tiempos de recorrido de los vehículos y lograr realizar el ingreso y la salida más eficiente.

Se requiere inversión en la adquisición de maquinaria para la implementación del proyecto ya que es necesario comprar: mezcladores, alimentadores, Maquinaria Amarilla, dosificadores de carbón por tolva, Bandas de transporte, sistemas de automatización.

4. Se identifica oportunidades de mejora en la explotación de carbón ya que se realiza de manera rudimentaria y se puede lograr obtener mejores resultados utilizando procesos con mejor tecnología y estandarizando los procesos de los pequeños mineros.

El sistema de estratégico para la producción se recomienda que se base en las metodologías de Lean propuesta para obtener un proceso eficiente y con altos índices de calidad que generen valor agregado al proceso. Metodologías recomendadas (5s, Kaizen, producción Balanceada, Kamban, TPM, Andon)

En la economía actual el incremento del Dólar es una oportunidad para capitalizar ya que la venta de este recurso natural se realiza por medio del USD.

Se recomienda la validar la posibilidad de manejar la logística de transporte de manera Férrea y Fluvial hacia los puertos ya que estos corresponden al 40 % de los costos Operativos.

5. Este punto es de gran importancia para los clientes por lo cual se deben tener varios controles en el proceso manteniendo los niveles de dispersión y granulometría bajo control, para lo cual se especifican rutinas de control en los puntos estratégicos del proceso.

Se concluye que los procesos de mayor importancia deben tener los controles necesarios para lo cual se determinan (Ingreso de Materias primas, Muestreo en los patios de apilamiento, Muestro de los vehículos de despacho, Muestreo en Puerto) Se especifica que el proceso debe tener trazabilidad en la cadena de logística evitando sobre costos de rechazos o sobreproducción.

Generar un cronograma de mantenimiento de equipos que certifiquen el buen funcionamiento de la planta y la seguridad de sus Auxiliares.



## 22. Recomendaciones

1. Se recomienda a las empresas de sector privado que requieran un transporte más ágil a los puertos a nivel nacional que implementen sistemas de transporte de manera férrea la cual ayudaría al desarrollo industrial del país. Este tipo de proyecto se debe generar de la mano con el gobierno para generar mecanismo que proyecten el incremento de estas iniciativas a nivel nacional.

Revisar la posibilidad de utilizar los ríos como el Magdalena y Cauca para el transporte de materiales a Puertos.

Realizar nuevos procesos o diseños de sistemas de Operaciones para bajar los índices de dispersión del Carbón Colombiano y llevarlo a niveles benchmark que apalanquen la compra de este mineral en la nación.

2. Realizar un diseño de producción y Operaciones de todo el proceso balanceando las cargas de trabajo de todo lo proceso de producción mejorando el tack Time del proceso desde el ingreso a hasta la salida de material.

Se recomienda realizar las siguientes iniciativas que ayudaran a volver más eficiente el proceso: Lay Out del proceso, Balanceo de Cargas de trabajo, Implementación de sistemas de bandas para el transporte de carbón, Diseño de Mezcladores para la generación de MQQ.

3. Realizar planos detallados con este diseño validando las condiciones del terreno y manejo de mercancía.

Validar con proveedores la implementación del proceso revisando las restricciones del proyecto por el tipo de material como el peso, densidad, producto inflamable, mantenimiento de Equipos, Controles del sistema.

Realizar un presupuesto de la implementación del proyecto teniendo en cuenta varios proveedores para la adquisición de los nuevos equipos de la planta.

Existe una gran oportunidad de mejorar la dispersión y garantizar la granulometría del carbón antes del embarque al desarrollar un sistema similar de molinos y homogeneizador en cada puerto, dando fin a la etapa de proceso y garantizando los parámetros de calidad exigidos por el cliente.

4. Revisar la posibilidad de no solo ser un proveedor de carbón Metalúrgico para Ouro Branco Brasil y realizar planes de acción para poder lograr realizar hacer una planta siderúrgica en Colombia para la fabricación de Acero.

Ampliar el mercado actual para no ser solo exportadores en Brasil o Suramérica y poder lograr abrir mercado en otros continentes generando mayores oportunidades de crecimiento y sostenibilidad.

5. Contar con los equipos de calibración de equipo y sistemas Andon en casos de emergencia de maquinaria.

Realizar capacitaciones trimestrales al personal de calidad en todos los procesos de productivos incluyendo rutinas de inspección y manejo de equipos.

Contar con personal de mantenimiento calificado para evitar fallas en los equipos y paros de producción.

## Bibliografía

- Armando Baute-PMO Proyecto Estrategico C60-Estudio Técnico. (2015). *Lanzamiento C60 Coquecol SA CI - Ouro Branco Brasil*. Presentación Power Point-Word Estudio Técnico, Bogota D.C.
- Coquecol SA CI-GCC Gerdau Coal Colombia. (2008). *Descripción del negocio y zonas de actuación Coquecol SA CI*. Bogota D.C.
- El Carbón y sus consecuencias como fuentes de energía*. (2013).
- El Mercado Mundial del Carbón. (s.f.).  
<http://www.catamutun.com/produc/carbon/mundo.html>.
- FEDECUNDI- Federación de Carboneros de Cundinamarca. (2013). Obtenido de <http://fedecundi.com/resumen.pdf>.
- Gerdau Corporativo. (2013). global intranet gerdau. *Página corporativa Gerdau Mundia-Valores corporativos*. Brasil.
- Informe Técnico Mejora y Calidad. (2012). *Reclasificación de los carbones*. Bogota DC.
- Orlando Pongutá- Ajuste de Granulometría en puerto Buenaventura. (2014). *Visita a CAP ACERO- Huachipato Chile*. Presentaciones Power Point, Bogota D.C - Huachipato Chile.
- SIMCO, Ministerio de minas y energía- Cadena del Carbón. (2014).  
<http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=ghcA7YSxZko=>.
- SIMCO, Ministerio de minas y energía-Cadena del Carbón. (2012).  
<http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=ghcA7YSxZko=>.
- SIMCO-Ministerio de minas y energía. (Mayo de 2013).  
[http://www.simco.gov.co/simco/Portals/0/Otros/produccion\\_y\\_exportaciones\\_I\\_Trim\\_2013.pdf](http://www.simco.gov.co/simco/Portals/0/Otros/produccion_y_exportaciones_I_Trim_2013.pdf).
- Unidad de Planeación Minero Energético-Mercado Nacional e internacional del Carbón Colombiano. (2006). [http://www.upme.gov.co/Docs/Mercado\\_Carbon.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Mercado_Carbon.pdf).

Visita Corporativa CAP ACERO Chile y Ouro Branco Brasil, Preparación de Carbón. (2014). *Visita Benchmarking Plantas Siderurgicas- Clientes Coquecol SA Cl.*

web, Pagina. (2013). *El Carbón y sus consecuencias como fuente de energía.*